

明細書

気体噴出装置、電子機器及び気体噴出方法

5 技術分野

本発明は、気体を噴出して発熱体から発生する熱を放熱する気体噴出装置、当該気体噴出装置が搭載された電子機器及び気体噴出方法に関する。

10 背景技術

従来から、P C (Personal Computer) の高性能化に伴う I C (Integrated Circuit) 等の発熱体からの発熱量の増大が問題となっており、様々な放熱の技術が提案され、あるいは製品化されている。その放熱方法として、例えば I C にアルミなどの金属でなる放熱用のフィンと接触させて、I C からの熱をフィンに伝導させて放熱する方法がある。また、ファンを用いることにより、例えば P C の筐体内の温まった空気を強制的に排除し、周囲の低温の空気を発熱体周辺に導入することで放熱する方法もある。さらには放熱フィンとファンとを併用することにより、放熱フィンで発熱体と空気の接触面積を大きくしつつ、ファンにより放熱フィンの周囲の暖まった空気を強制的に排除する方法もある。

しかしながら、このようなファンによる空気の強制対流では、放熱フィンの下流側でフィン表面の温度境界層が生起され、放熱フィンからの熱を効率的に奪えないという問題がある。このような問題を解決するためには、例えばファンの風速を上げて温度境界層を薄くすることが上げられる。しかし、風速を上げるために

ファンの回転数を増加させることにより、ファンの軸受け部分からの騒音や、ファンからの風が引き起こす風切り音などによる騒音が発生するという問題がある。

上記温度境界層を破壊し、放熱フィンからの熱を効率よく空気
5 に逃がす方法として、合成噴流を用いたものがある。これはチャンバ内に設けられた往復するピストンなどにより生じる空気の動きを、チャンバの一端に設けられた孔から噴出させるものである。この孔から噴出された空気は合成噴流と呼ばれ、空気の混合を促進し上記温度境界層の破壊を引き起こし、従来のファンによる強制対流に比べ効率よく放熱することができる（例えば、米国
10 特許第 6 1 2 3 1 4 5 号明細書（F I G. 8 等）、特開 2 0 0 0
- 2 2 3 8 7 1 号公報（第 2 図）参照。）。

しかしながら、上記米国特許第 6 1 2 3 1 4 5 号明細書に記載の技術では、ピストンの往復運動による空気振動が音波として伝
15 搬するため、この音による騒音が問題となる。また、近年の I C の高クロック化によって発生する熱量は増加の一途をたどっているため、例えばその発熱によって放熱フィン付近に形成される温度境界層を破壊するためには、その I C や放熱フィンに向けてこれまでより多量の空気を送り込まなければならない。そうすると、上記米国特許第 6 1 2 3 1 4 5 号明細書における F I G. 1
20 A 等 に示された装置のように、振動膜を振動させて空気を噴出させる装置であっても、その振動の振幅を上げて空気の噴出量を上げなければならない。したがってその振動膜の振動数が可聴帯域にある場合には、その振動膜の騒音も問題となる。逆に、振動数を
25 下げると騒音は低減するが、空気の噴出量が少なくなってしまう。

以上のような事情に鑑み、本発明の目的は、極力騒音の発生を抑制しつつ、発熱体から発せられる熱を効果的に放熱することができる気体噴出装置、当該気体噴出装置が搭載された電子機器及び気体噴出方法を提供することにある。

5

発明の開示

上記目的を達成するため、本発明に係る気体噴出装置は、振動体を有し、該振動体の振動により、気体が噴出されるときにそれぞれ生じる音波が互いに弱め合うように前記気体を脈流として
10 噴出する複数の噴出部と、前記振動体の振動の周波数を制御する第1の制御手段とを具備する。

本発明において、互いに弱め合うようにとは、振動体により生じた音波が伝播される領域の一部またはすべてにおいて、当該音波が互いに弱め合うようにすることである。

15 本発明では、複数の噴出部により、気体が噴出するときに生じる音波が互いに弱め合うように気体が噴出されるので騒音を低減することができる。特に、第1の制御手段により振動体の周波数を最適な周波数にすることで、騒音を抑えつつ気体の噴出量を極力多くして効果的に発熱体を放熱することができる。音波が互
20 いに弱め合うようにするには、例えば、それぞれの音波の位相をずらすことが考えられる。または、音波が弱め合うようにするためには、少なくとも1つの振動体で区画する各チャンバを形成し、当該振動体を振動させて該各チャンバから交互に気体を噴出させるようにすればよい。

25 また、複数の噴出部は、例えば、気体を噴出させるための開口部を複数有する1つの筐体、または、開口部を少なくとも1つ有

する複数のチャンバ（あるいは筐体）等で構成される。後者の場合、例えば1つの筐体の内部に少なくとも1つの振動体が設けられ、この振動体が仕切りとなって筐体中に複数のチャンバが形成されるような形態が考えられる。

- 5 本発明の一の形態によれば、前記振動体の振幅を制御する第2の制御手段をさらに具備する。例えば振動体の振幅を最適な振幅にすることで、所望の気体の噴出量を得ることができる。

本発明の一の形態によれば、前記振動体は、最低共振周波数が200（Hz）以下である。一般に、最低共振周波数より低い周波数帯域における、振動体から発生する音の音圧レベルを示す傾きまたは曲線は、振動体に依らずほぼ同じである。したがって、最低共振周波数が低いほど、当該最低共振周波数より低い周波数帯域で振動させた振動体の音圧レベルを極力大きくすることができる。つまり、振幅を大きくすることができるので気体の噴出
10 量を極力多くできる。また、周波数は低いほど人間の聴感鈍くなる傾向があるので、振動体の駆動周波数帯域が200（Hz）以下であれば、人間の聴感特性を考慮した場合に静粛性を保つことができる。最低共振周波数を150（Hz）以下とし、150（Hz）以下の周波数帯域で振動させることがより好ましい。

- 20 本発明の一の形態によれば、前記第1の制御手段は、前記周波数を100（Hz）以下に制御する。これにより、人間の聴感特性を考慮した場合、騒音をより低減することができる。特に、周波数を35（Hz）以下とすることが好ましい。

本発明の一の形態によれば、前記振動体は、該振動体の振動の
25 方向にほぼ垂直な面を有し、該面の面積が70,000（mm²）以下の場合、前記第1の制御手段は、前記周波数を100（Hz）

以下に制御し、前記第2の制御手段は、前記振幅を1 (mm) ~ 3 (mm) に制御する。振動体の面の面積を70,000 (mm²) 以下としたのは、例えばデスクトップ型またはラップトップ型のPCに気体噴出装置を内蔵しようとしても、気体噴出装置が
5 大きいため内蔵できない可能性があり、実用化には適さないからである。

この場合に、周波数が100 (Hz) 以下であって、振幅が1 mm未満の場合には、所望の気体噴出量を得るためには振動体の面の面積をかなり大きくしなければならず実用化には適さない。

10 一方、例えば、振動体の面の面積が70,000 (mm²) 程度であって、100 (Hz) 近傍で振動体を振動させる場合には、振幅が3 (mm) を超えると、振動体の慣性も大きくなり機構的に負荷が大きくなるからである。周波数が100 (Hz) 以下の場合は、所望の気体噴出量を得るために振幅を1.5 (mm) ~
15 3 (mm) とすることがより好ましい。

また、特に、前記振動体は、該振動体の振動の方向にほぼ垂直な面を有し、該面の面積が70,000 (mm²) 以下の場合、前記第1の制御手段は、前記周波数を35 (Hz) 以下に制御し、前記第2の制御手段は、前記振幅を1 (mm) ~ 5 (mm) に制
20 御することで、騒音をより低減できる。周波数が35 (Hz) 以下であって、振幅が1 mm未満の場合には、所望の気体噴出量を得るためには後述する振動体の面の面積をかなり大きくしなければならず実用化には適さない。

一方、例えば、振動体の面の面積が70,000 (mm²) 程
25 度であって、35 (Hz) 近傍で振動体を振動させる場合には、振幅が5 (mm) を超えると、振動面が大きい分、振動体の慣性

も大きくなり機構的に負荷が大きくなるからである。周波数が 35 (Hz) 以下の場合、所望の気体噴出量を得るために振幅を 2 (mm) ~ 5 (mm) とすることがより好ましい。理想的には 3 (mm) ~ 5 (mm) である。

- 5 本発明の一の形態によれば、前記振動体は、該振動体の振動の方向にほぼ垂直な面を有し、該面の面積が 1, 500 (mm²) ~ 70, 000 (mm²) である。例えば、1, 500 (mm²) 未満とすると、所望の気体噴出量を得るためには、周波数が上述した 200 (Hz) を超えなければならず騒音が増してしまい、
10 または、振幅を例えば 5 (mm) 以上としなければならず実用化には適さない。この場合、振動面の面積が 2, 000 (mm²) 以上であることがより好ましい。

- 本発明の一の形態によれば、前記振動体は該振動体の振動の方向にほぼ垂直な面を有し、前記第 1 の制御手段により駆動される
15 前記周波数を A (Hz)、前記第 2 の制御手段により駆動される前記振幅を B (mm)、前記面の面積を C (mm²) とした場合、 $A \times B \times C = 100, 000 \text{ (mm}^3/\text{s)} \sim 10, 000, 000 \text{ (mm}^3/\text{s)}$ である。この範囲であれば、所望の気体の噴出量が得られ、効果的に放熱処理することができるとともに騒音
20 を低減できる。特に、 $A \times B \times C = 200, 000 \text{ (mm}^3/\text{s)}$ 以上であることがより好ましい。ここで、振動体の前後の振れ幅は振幅 B の倍であり、振動体が振動板を有する場合、その振動板の表面と裏面を用いた場合は、C は振動板の前記表面または裏面の面積の倍である。

- 25 本発明の一の形態によれば、前記各噴出部から噴出された前記気体が供給される発熱体と、該発熱体の周囲の気体との間の領域

の熱抵抗が 0.7 (K/W) 以下であり、前記音波の音源からほぼ 1 (m) 離れた位置での騒音レベルが 30 (dBA) 以下である。熱抵抗は、気体噴出装置の冷却能力でもある。騒音レベルを 25 (dBA) 以下とすることがより好ましい。発熱体としては、
5 例えば IC チップや抵抗等の電子部品、あるいは放熱フィン（ヒートシンク）等が挙げられるが、これらに限られず発熱するものなら何でもよい。以下、同様である。

その場合、前記各噴出部と前記発熱体とを含めた包絡体積が $250 \text{ (cm}^3\text{)}$ 以下である。

10 あるいは、前記各噴出部から噴出された前記気体が供給される発熱体と、該発熱体の周囲の気体との間の領域の熱抵抗が 0.5 (K/W) 以下であり、前記音波の音源からほぼ 1 (m) 離れた位置での騒音レベルが 30 (dBA) 以下であり、前記各噴出部と前記発熱体とを含めた包絡体積が $500 \text{ (cm}^3\text{)}$ 以下である。

15 本発明の一の形態によれば、前記振動体は、該振動体の振動の方向に垂直な面に対してほぼ対称な形状を有する。このような対称構造とすることにより、各音波の振幅等を同一とすることができただけでなく、その音波のひずみ成分である高調波の振幅等も極力同一とすることができるため、騒音をより低減することができる。
20

本発明の一の形態によれば、前記振動体は、振動する方向に垂直な面を有し、該面に対して非対称な形状を有する第 1 の振動体と、前記第 1 の振動体とほぼ同一形状を有し、該第 1 の振動体の振動方向とほぼ同一方向に振動するように、かつ、当該振動方向
25 で前記第 1 の振動体とは逆向きに配置された第 2 の振動体とで構成される。このような構成によれば、非対称な形状を有する振

動体であっても、互いに逆向きに配置することで全体的な対称性を確保することができる。したがって、複数の噴出部により生じるそれぞれの音波の波形を極力同一にすることができ、静粛性の向上を図ることができる。非対称な形状の振動体としては、例えば
5 コイル部やマグネット部を有するスピーカの形状を有するものを用いることができる。

本発明の一の形態によれば、前記各噴出部は、ほぼ容積が等しくなるように前記振動体により仕切られて形成され、前記気体を噴出させるための複数のチャンバを有する筐体を有する。例えば、
10 筐体が、各チャンバと外部とをそれぞれ連通させる複数の開口部を有することで、開口部を介して気体を噴出させることができる。本発明では、各チャンバの容積を等しくすることで、それぞれ生じる気体の噴出量、あるいは音の振幅等を同じにすることができる。したがって、効果的に放熱処理することができるとともに、
15 騒音を極力低減することができる。本発明の気体噴出装置は、各噴出部がそれぞれ筐体を有するのではなく、噴出部が全部集まって1つの筐体を構成するものである。振動体は1つであってもよいし、複数であってもよい。以下、同様である。

本発明の一の形態によれば、前記各噴出部は、前記振動体により仕切られて形成され、前記気体を噴出するための複数のチャン
20 バを有する筐体と、前記筐体の外部に配置され、前記振動体を駆動するためのアクチュエータとを有する。アクチュエータが筐体の外部に配置されれば、各チャンバの容積を極力等しくすることができる。また、アクチュエータが筐体の内部にあると、チャン
25 バにそのアクチュエータの熱がこもる可能性があり、熱がこもると放熱の能力が低下する。しかしながら、本発明ではそのような

不都合を回避することができる。これにより、上記したように効果的に放熱処理することができるとともに、騒音を極力低減することができる。

本発明の一の形態によれば、前記筐体は、前記外部から前記各
5 チャンバのうち少なくとも1つのチャンバにかけて貫通する穴部を有し、当該気体噴出装置は、前記穴部に挿通されて前記振動体に取り付けられ、前記アクチュエータと一体的に可動するロッドと、前記穴部に設けられ、前記ロッドを支持する支持部材とをさらに具備する。支持部材が設けられることにより、ロッドのぶ
10 れを抑えることができ、振動体を安定して振動させることができる。また、例えば、支持部材が穴部を覆って筐体を密閉するように設けられることにより、振動体が振動したときに筐体内部の気体が当該穴部から漏れることを防止することができる。

本発明に係る電子機器は、発熱体と、振動体を有し、該振動体
15 の振動により、気体が噴出されるときにそれぞれ生じる音波が互いに弱め合うように前記気体を脈流として前記発熱体に噴出する複数の噴出部と、前記振動体の振動の周波数を制御する手段とを具備する。

本発明では、振動体の周波数を最適な周波数にすることで、騒
20 音を抑えつつ気体の噴出量を極力多くして効果的に発熱体を放熱することができる。電子機器としては、コンピュータ、PDA (Personal Digital Assistance)、カメラ、ディスプレイ装置、オーディオ機器、その他の電化製品等が挙げられる。

本発明に係る気体噴出方法は、振動体の振動により、気体が噴
25 出されるときにそれぞれ生じる音波が互いに弱め合うように前記気体を脈流として噴出する工程と、前記振動体の振動の周波数

を制御する工程とを具備する。

本発明では、振動体の周波数を最適な周波数にすることで、騒音を抑えつつ気体の噴出量を極力多くして効果的に発熱体を放熱することができる。

- 5 以上のように、本発明によれば、極力騒音の発生を抑制しつつ、発熱体から発せられる熱を効果的に放熱することができる。

図面の簡単な説明

第 1 図は、本発明の一実施の形態に係る気体噴出装置を示す斜
10 視図である。

第 2 図は、図 1 に示す気体噴出装置の断面図である。

第 3 図は、I C チップ等を放熱するときの例を示す斜視図である。

第 4 図は、本発明の他の実施の形態に係る気体噴出装置を示す
15 断面図である。

第 5 図は、第 4 図に示す A - A 線断面図である。

第 6 図は、第 4 図に示す気体噴出装置のノズルの数をさらに増やした気体噴出装置及びヒートシンクを示す平面図である。

第 7 図は、本発明のさらに別の実施の形態に係る気体噴出装置
20 を示す断面図である。

第 8 A 図乃至第 8 B 図は、図 1 に示す気体噴出装置の各ノズルから出た音波の測定結果を示す図である。

第 9 A 図乃至第 9 B 図は、第 4 図に示す気体噴出装置の各ノズルから出た音波の測定結果を示す図である。

25 第 10 図は、人の聴感特性を示したグラフである。

第 11 図は、最低共振周波数 f_0 が 110 (Hz) のスピーカ

の音響特性の例を示す図である。

第 1 2 図は、最低共振周波数 f_0 が 2 0 0 (H z) のスピーカの音響特性の例を示す図である。

第 1 3 図は、評価値等と気体の流速との関係を示す表である。

5 第 1 4 図は、当該評価値と気体が噴出されるとき流速との関係を示すグラフである。

第 1 5 図は、騒音レベルと熱抵抗との特性を示す図であり、

第 1 6 図は、本発明のさらに別の実施の形態に係る気体噴出装置を示す断面図である。

10 第 1 7 図は、第 1 6 図に示す気体噴出装置の変形例を示す断面図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の実施の形態を図面に基づき説明する。

15 図 1 は、本発明の一実施の形態に係る気体噴出装置を示す斜視図である。第 2 図はその断面図である。

気体噴出装置 1 は 1 つの筐体 2 2 を有している。筐体 2 2 の内部には振動体 2 5 が配置されており、筐体 2 2 の内部は、この振動体 2 5 によって 2 つのチャンバ 2 2 a 及び 2 2 b に区画されている。チャンバ 2 2 a 及び 2 2 b には例えば空気が含まれている。このように区画されたチャンバ 2 2 a 及び 2 2 b と筐体 2 2 の外部とをそれぞれ連通させるように、筐体 2 2 に開口部 2 2 c 及び 2 2 d がそれぞれ複数形成されている。この場合、開口部 2 2 c の数と開口部 2 2 d の数とが同じとなるように構成される。
20 この開口部 2 2 c (2 2 d) は 1 つであってもよい。開口部 2 2 c 及び 2 2 d には、それぞれ、チャンバ 2 2 a 及び 2 2 b 内の空

気を噴出可能なノズル 2 3 及び 2 4 が設けられている。ノズル 2 3 等は必ずしも必要ではなく、開口部 2 2 c 等が形成されているのみでもよい。

振動体 2 5 は、振動板 2 7 を有しており、振動板 2 7 は例えば
5 柔軟な膜状の物質、例えば P E T (polyethylene terephthalate) フィルム等により形成されている。振動体 2 5 は、例えばスピーカの構造を有しており、図示しないコイル、マグネット等になっている。振動体 2 5 は制御部 2 0 によって制御されるように構成されている。制御部 2 0 は、例えば、振動体 2 5 のコイルに正弦
10 波の交流電圧を印加するための電源回路、振動体 2 5 の振動の波形を制御するための制御回路等を有している。制御回路は、特に、振動体の 2 5 に加える電圧すなわち振幅、あるいは、駆動周波数等を制御するようになっている。

筐体 2 2 は、剛性の高い物質、例えばアルミ等の金属やプラスチックによって構成されている。形状は例えば直方体状である。
15 筐体 2 2 は、例えば、形状、材質、開口部等の形状を等しくしたものをを用いる。

以上のように構成された気体噴出装置 1 の作用を説明する。制御部 2 0 が振動体 2 5 を所定の周波数で駆動し、振動板 2 7 を正
20 弦波振動させることにより、チャンバ 2 2 a 及び 2 2 b の圧力が交互に増減する。これに伴い、開口部 2 2 c 及び 2 2 d を介して空気の流れが発生する。この空気の流れは、ノズル 2 3 と 2 4 とにおいて、筐体 2 2 の内部から外部へ、外部から内部へ流れるように交互に発生する。ノズル 2 3 等から噴出される空気は合成噴
25 流となる。合成噴流とは、ノズル 2 3 等から空気が噴出されることにより噴出された空気の周囲の気圧が下がるので、噴出された

空気の周囲にある気体が巻き込まれることによって発生する噴流である。すなわち、噴出された空気とその周囲の空気とが合成され噴流となる。このようにチャンバ 2 2 a 及び 2 2 b の外部へ空気が脈流として噴出されることで、この噴出された空気を例えば IC チップやヒートシンク等の発熱体に吹き付けて効果的に放熱することができる。

一方、振動板 2 7 の振動によって、ノズル 2 3 及び 2 4 から音波が交互に発生し、この音波が空気中を伝播する。ノズル 2 3 及び 2 4 から発生する音波は、チャンバ 2 2 a 及び 2 2 b の形状等、開口部 2 2 c 及び 2 2 d の形状、ノズル 2 3 及び 2 4 の形状等を等しくしているため、波形が等しく、位相が反転したものとなる。したがって、ノズル 2 3 及び 2 4 を介して発生する音波が相殺され騒音を抑制することができる。

ここで、ノズル 2 3 と 2 4 との間隔 d は、 $d < \lambda / 2$ (λ は発生する音波の波長) となるように設定されることが望ましい。この式を満たすようにすれば、ノズル 2 3 等から発生した音波のほぼ最大振幅同士で強め合う箇所がなくなるので、騒音の発生を極力防止することができる。

第 3 図は、気体噴出装置 1 を用いて、例えば IC チップ等を放熱するときの例を示す斜視図である。IC チップ 5 0 は例えばヒートスプレッタ (またはヒートパイプの機能を有する熱輸送体) 5 1 等に接触して設けられ、ヒートスプレッタ 5 1 には複数のヒートシンク 5 2 が取り付けられている。気体噴出装置 1 は、例えばノズル 2 3 及び 2 4 からの気体の噴出方向をヒートシンク 5 2 に向けて配置されている。

IC チップ 5 0 から発せられる熱はヒートスプレッタ 5 1 で

拡散されヒートシンク 5 2 に伝達される。そうすると、ヒートシンク 5 2 の近傍は高熱の空気が滞留して温度境界層が形成されてしまう。そこで、例えば振動体 2 5 の振動によってノズル 2 3 及び 2 4 から発生した噴流をヒートシンク 5 2 に向けて吹き付ける。この噴流によって当該温度境界層が破壊され、効率よく放熱される。

第 4 図及び第 5 図は、本発明の他の実施の形態に係る気体噴出装置を示す断面図である。第 5 図は、第 4 図に示す A - A 線断面図であり、第 4 図は、第 5 図に示す B - B 線断面図である。この
10 気体噴出装置 6 1 は、筐体 6 8 内にチャンバ 6 2 a 及び 6 2 b を有して構成されている。チャンバ 6 2 a 及び 6 2 b は筐体 6 8 及び筐体 6 8 内に設けられた壁 6 9 によって構成されている。チャンバ 6 2 a 及び 6 2 b には、振動体 6 5 a 及び 6 5 b がそれぞれ配置されている。振動体 6 5 a 及び 6 5 b の構成は、例えば図 1
15 及び第 2 図で示した振動体 2 5 等と同様である。筐体 6 8 には、チャンバ 6 2 a 及び 6 2 b に内部がそれぞれ連通するノズル 6 3 a 及び 6 3 b が設けられ、これによりチャンバ 6 2 a 及び 6 2 b から空気がそれぞれ吐出される。振動体 6 5 a 及び 6 5 b は壁 6 9 に設けられた開口部 6 6 a 及び 6 6 b をそれぞれ塞ぐよう
20 に設けられている。振動体 6 5 b がチャンバ 6 2 a 内の空気を振動させることにより、ノズル 6 3 a から空気を吐出させる。また、振動体 6 5 a がチャンバ 6 2 b 内の空気を振動させることにより、ノズル 6 3 b から空気を吐出させる。振動体 6 5 a 及び 6 5 b は第 2 図に示す制御部 2 0 と同様な図示しない制御部に接続
25 され、例えば互いに逆位相で、かつ、同一振幅で振動するように制御される。

このように、振動体 6 5 a 及び 6 5 b が振動方向 R が同じとなるように、かつ、互いに逆向きとなるように配置されることで、スピーカのように非対称な形状を有する振動体であっても、全体的な対称性を確保することができる。したがって、ノズル 6 3 a
5 及び 6 3 b から生じるそれぞれの音波の波形を極力同一にすることができ、静粛性の向上を図ることができる。

本実施の形態に係る気体噴出装置 6 1 について、振動体を 2 個用いた構成を示したが、振動体を偶数個用いれば、同様に音波は互いに弱め合うようになる。

10 第 6 図は、第 4 図及び第 5 図に示す気体噴出装置 6 1 のノズル 6 3 a 及び 6 3 b の数をさらに増やした気体噴出装置及びヒートシンクを示す平面図である。このヒートシンク 3 1 は、例えばその 1 つ 1 つのフィン部材 3 2 の空気の流通部 3 2 a に、各ノズル 6 3 a (6 3 b) が対向するように、ヒートシンク 3 1 に対し
15 て気体噴出装置 6 1 が配置されている。これにより、有効にヒートシンク 3 1 を活用することができるので放熱効率が向上する。

第 7 図は、本発明のさらに別の実施の形態に係る気体噴出装置を示す断面図である。本実施の形態に係る気体噴出装置 4 1 は、第 2 図に示した気体噴出装置 1 の振動体 2 5 の代わりに、板状の
20 振動体 4 5 を有している。振動体 4 5 は、例えば樹脂製のフィルムに図示しない平面型のコイルが貼り付けられて構成されている。制御部 4 0 により当該コイルに交流電圧が印加されることで、例えば、筐体 2 2 内に配置された図示しないマグネットの磁場を利用して図中上下に振動するようになっている。このように、板
25 状の振動体 4 5 を設けることでチャンバ 2 2 a 側と 2 2 b 側とで対称的な構造とすることができ、ノイズ等を極力小さくするこ

とができる。

以上のように、上記各実施の形態に係る気体噴出装置 1, 6 1、
4 1 は、発熱体を効果的に放熱しつつ、騒音を低減することがで
きるが、発生する音を完全に消すことは難しい。その理由として
5 次の項目が上げられる。

1) ノズルから出る基本周波数の振幅が振動体の表と裏側で同
じではない。

2) ノズルから出る基本周波数の表と裏の位相ずれが 1 8 0 度
からずれる。

10 3) ノズルから出る高調波（ひずみ成分）の振幅が振動体の表
と裏側で同じではない。

4) ノズルから出る高調波の表と裏の位相ずれが 1 8 0 度から
ずれる。

例えば図 1 及び第 2 図に示す気体噴出装置 1 では、チャンバ 2
15 2 b には振動体 2 5 の前面が面し、チャンバ 2 2 a には振動体 2
5 の裏のフレーム（アクチュエータ側）が面することとなる。一
般に振動体 2 5 のスピーカのような後方の音圧はあまり考慮さ
れておらず、フレームが遮音効果をもつ場合があり、表よりも裏
の音圧は小さい。すなわち、この構成では一般には基本波の振幅
20 が表と裏で異なりノイズが残る。この構成で各ノズル 2 3 及び 2
4 から出た音波の測定結果を第 8 A 図に示す。上のグラフが図 1
で示す下方のノズル 2 4 から出た音波を示し、下のグラフが上方
のノズル 2 3 から出た音波を示している。第 8 A 図より、ノズル
2 4 から出た音波の方が振幅が大きいことがわかる。また、それ
25 らを合成した音を第 8 B 図に示す。第 8 B 図からわかるように、
基本波の周波数でのノイズが残っている。

次に第4図及び第5図に示した気体噴出装置61を用いた場合、各チャンバに対してスピーカの表と裏が1つずつ面するので、2つのチャンバ62a及び62bに設けられた各ノズル63a及び63bから出る基本波の振幅は同程度となる。この場合、基本波の消音はある程度できているが、高調波成分を消しきれていない。この場合の各ノズル63a及び63bから出た音波の測定結果を第9A図に示す。また、これらの合成音した音を第9B図に示す。第9B図では、振幅のスケールは第8B図で示したものより小さいが、高調波成分、つまり第9A図で示す基本波の2次高調波及びそれより高次波が残っているのがわかる。これは、振動体を複数使うために、その個体差からノズルから出てくる高調波の振幅と互いに位相がそろわないことによる。

これらの課題に対する対策としては、振動体の構造がなるべく対称形で、振動体はなるべく1つを用い、その両側にチャンバを配置することが考えられる。さらに、より効果的な対策として、基本周波数をなるべく下げることである。

ここで、第10図は人の聴感特性を示したグラフである。このグラフは、JIS規格で規定された等ラウドネス曲線（A特性のもの）であり、20（Hz）～20（kHz）の周波数帯域において、人が同じ音圧レベルに晒されたときに、どれほどの大きさに聞こえるかを表したものである。すなわち、1（kHz）の音波を基準として、各周波数の音がどれだけの大きさに聞こえるかを表したものである。この図より、同じ音圧レベルでも、1（kHz）の音に比べ50（Hz）の音は30（dB）小さく聞こえるということがわかる。なお、音圧レベル L_p （dB）は以下の式で定義される。

$$L_p = 20 \log (p / p_0) \cdots \text{式 (1)}$$

p は音圧 (Pa)、p₀ は基準音圧 (20 μPa) である。

20 Hz まで下げるまでもなく、その近傍の音であれば聴感度は十分低く聴感特性を考慮した A 特性のノイズレベル (騒音レベル) としては小さくなる。また、基本波の周波数を低くすれば、高調波の周波数もそれに伴い低くなり、聴感特性が極力低いところへ高調波のノイズも持っていくことができる。周波数を下げるということは、ノズルからの気体の噴出量も下げることになるので、単に周波数を下げれば良いというわけではない。

10 本発明者らの実験では、30 Hz 程度の基本周波数で十分な消音効果があることを確認している。第 10 図に示すように、同じ音圧レベルの場合、周波数が 200 (Hz) から 100 (Hz) に落ちると、ノイズレベルは約 10 (dBA) 低下し、100 から 30 Hz に落ちると、ノイズレベルはそこからさらに約 20
15 (dBA) 低下する。

単一周波数の音に対してしてみると、低周波での振動体の駆動がノイズレベルを低下させるが、一方で、上述したように駆動周波数が低いとその分振動体の往復回数が減るので、ノズルからの気体の噴出量が低下することになる。そのためには低周波でも十分に振幅が得られる振動体を用いる必要がある。つまり、スピー
20 ーカ等の振動体の特性で考えると、30 (Hz) や 100 (Hz) 等、例えば 200 (Hz) 以下での音圧レベルが十分に得られなければならない。

第 11 図及び第 12 図は、最低共振周波数 f₀ がそれぞれ 11
25 0 (Hz) 及び 200 (Hz) のスピーカの音響特性の例を示す図である。f₀ より高い周波数での音圧レベルは共に 90 (dB)

程度である。しかしながら、 f_0 より低い周波数帯域では、 f_0 の低いスピーカの方が同じ周波数での音圧は大きくなる。例えば50(Hz)での音圧をみると、 $f_0 = 110$ (Hz)のスピーカでは音圧が70(dB)であるのに対し $f_0 = 200$ (Hz)のスピーカのそれは約62(dB)となっている。これは f_0 より低い周波数帯域では音圧は40(dB/dc)の増幅特性があるためである。

すなわち、スピーカの特性を上記各実施の形態に係る振動体25等の駆動特性と同等と考えた場合、 f_0 が低いほうが低周波での音圧が高いと言える。音圧が高い方がノズルからの気体の噴出量あるいは流速が大きくなる。したがって、駆動系も含んだ振動体の最低共振周波数 f_0 が低いほど低周波領域での噴出量または流速を上げることができると言える。例えば、30(Hz)で駆動する場合、 f_0 は低く、かつ、30(Hz)に近いほうがよいが、本発明者らが行ったスピーカの実験では、 $f_0 = 100$ (Hz)程度のスピーカであれば、30(Hz)で駆動した場合でも、必要な振動体の音圧(つまり振幅)を得ることができている。

したがって、 f_0 が200(Hz)以下、より好ましくは1500(Hz)以下、さらに好ましくは100(Hz)以下の振動体を用い、それぞれの f_0 より低い周波数帯域で振動体を駆動させればよい。

上記各実施の形態で示した気体噴出装置1、41、61の気体の噴出量を向上させるためには次の要因が考えられる。

- 25 1) 振動体の面積が大きい。
- 2) 振動体の振幅が大きい。

3) 振動体の駆動周波数が高い。

そこで、本発明者らは次のような評価値を考えた。振動体の駆動周波数を A (Hz)、振動体の振幅を $\pm B$ (mm)、振動体の面積（振動体が複数の場合はその合計）を C (mm²) とした場合
5 に評価値 $D = A \times B \times C$ を計算してみる。第 13 図は、評価値等と気体の流速との関係を示す表である。また、第 14 図は、当該評価値 D と気体が噴出されるとき流速との関係を示すグラフである。この場合、流速は、気体の噴出量（単位時間当りの気体の移動量）に比例すると考えてよい。

10 この実験では、上記図 1、第 4 図に示したような気体噴出装置であって、ノズルの内径は 3 mm でその本数は 32 本のものを用いた。また、振動体として、市販のスピーカを用いた。20 (Hz) から 200 (Hz) 程度で往復運動をする振動体として最も手軽に入手できるものがスピーカだからである。第 13 図及び第
15 14 図より、評価値 D が大きくなると流速が大きくなる傾向が見られる。

このように、気体噴出装置から出た空気をヒートシンクに吹き付けて放熱能力を見ると、概ね流速が高いほど放熱能力が高い。第 14 図より、評価値 D から見ると、100,000 (mm³/s) を超えれば熱抵抗で 1 (K/W) 程度になる。また、200,000 (mm³/s) を超えると 0.7 (K/W) を下回り、その流速が 4 (m/s) を超え、放熱デバイスとして満足できる値となることが判明した。ちなみに 70 (W) 級の CPU の放熱には熱抵抗 0.3 (K/W) を下回る放熱デバイスが用いられている。
20
25 ただし、放熱能力は機器の応用状況により、仕様が決まるため、流速だけでは評価できないことは考慮する必要があるが、大

まかな判断材料にはなる。

ここで、J I S規格では、熱抵抗の単位は $((\text{m}^2 \text{K}) / \text{W})$ である。熱抵抗の定義は、「考えている2面間の温度差を熱流束1 (W / m^2) で除した値」とされているからである。熱流束とは、
5 「単位面積当たり及び単位時間当りに移動する熱量」(熱量の単位はJ)である。本発明では、上記のように熱抵抗の単位を (K / W) とし、上記「2面間」という「面積」の単位を考慮していないが、 (K / W) という熱抵抗の単位も一般的に用いられる単位である。本実施の形態の場合、例えば、発熱体とその周囲の空気
10 との温度差 Δt とした場合に、熱抵抗Rは、 $R = \Delta t / \text{発熱体のワット数}$ 、で表すことができる。

本実験より、口径が大きく振幅が大きいほど流速を大きくする合成ジェット流を作ることができる。特にスピーカのコーン(例えば第2図で示した振動板27)の振幅が1(mm)以上のもので流速が大きくなり、放熱能力が高いことがわかった。振幅が1
15 mm未満の場合には、所望の気体噴出量を得るためには上記面積Cをかなり大きくしなければならず実用化には適さない。振幅は1(mm)よりは大きいほどよく、好ましくは駆動周波数Aが100(Hz)以下で、1(mm)～3(mm)、理想的には30
20 (Hz)で3(mm)以上である。

また、振動体の大きさの上限を考えると、振幅は5(mm)以下とすることが好ましい。振動体の大きさは、面積Cが70,000(mm^2)以下、つまりその口径(直径)が300(mm)以下が望ましい。70,000(mm^2)を超えると、デスクト
25 ップ型またはラップトップ型のPCに気体噴出装置を内蔵しようとしても、気体噴出装置が大きくなって内蔵できない可能性が

あり、実用化には適さないからである。

面積 C が $70,000 \text{ (mm}^2\text{)}$ 以下の場合に、振幅を 5 (mm) 以下とするのは、次の理由による。すなわち、面積 C が $70,000 \text{ (mm}^2\text{)}$ 程度であって、例えば 35 (Hz) 近傍で振動
5 体を振動させる場合には、振幅を 5 (mm) を超えると、振動体の慣性も大きくなり機構的に負荷が大きくなるからである。また、この場合、 100 (Hz) 近傍で振動体を振動させる場合には、振幅を 5 (mm) を超えると、振動体の慣性も大きくなり機構的に負荷が大きくなる。

10 一方、本実験より、口径が 60 (mm) 以上（面積 $C = 2827 \text{ (mm}^2\text{)}$ ）のスピーカで熱抵抗 0.5 (K/W) 以下のデータを得ている。面積 C がこの半分程度であれば熱抵抗が倍くらいになると想定すると、面積 C は $1500 \text{ (mm}^2\text{)}$ 以上であればよい。 $1500 \text{ (mm}^2\text{)}$ 未満とすると、所望の気体噴出量を得る
15 ためには、周波数が 200 (Hz) を超えなければならならず騒音が増してしまい、または、振幅を例えば 5 (mm) 以上としなければならならず実用化には適さない。この場合、面積 C が $2,000 \text{ (mm}^2\text{)}$ 以上であることがより好ましい。

これまでに述べた上記各実施の形態に係る気体噴出装置 1、4
20 1、61 に、上記面積 C を持つ振動体を適用し、駆動周波数 A 及び振幅 B で制御することにより、効果的な放熱処理を行うことができるとともに騒音を低減できる。特に、ノイズレベルが 30 (dBA) 以下、熱抵抗が 0.7 (K/W) 以下の放熱デバイスを実現することができる。

25 第 15 図は、騒音レベルと熱抵抗との特性を示す図であり、回転する羽根車を備えた従来のファンと、本実施の形態に係る気体

噴出装置とを比較した例を示す。ここでの熱抵抗は、発熱体としてのヒートシンクと当該ヒートシンクの周囲の空気との間の熱抵抗である。この図より、従来のファンに比べ、本実施の形態に係る気体噴出装置の方が、熱抵抗と騒音レベルの両方について良い値を得ていることがわかる。

本実施の形態に係る気体噴出装置の小型化を目指す場合、口径の小さな振動体を使うことが必要となる。しかし、口径が小さいことは先の評価値Dの考え方からわかるように有利ではない。その対策として、振幅の大きな振動体を用いると良い。本発明の手法を用いればヒートシンクを含めた250cc程度の包絡体積で、熱抵抗が0.7(K/W)以下、音源から1m程度離れた位置での騒音レベルが30(dBA)以下、あるいは25(dBA)以下を実現することができる。

第16図は、本発明のさらに別の実施の形態に係る気体噴出装置を示す断面図である。本実施の形態に係る気体噴出装置71の振動体としては、第7図に示した板状の振動体45が用いられている。振動体45には、該振動体45を可動させるアクチュエータ78のロッド85が取り付けられている。ロッド85は、筐体72に設けられた穴部72eに挿通されている。アクチュエータ78は、ヨーク82、マグネット83、コイル84等を有している。制御部70によってコイルに例えば交流電圧が印加されることで、ロッド85が図中上下に移動し、これにより振動体45が振動する。

本実施の形態では、アクチュエータ78が筐体72の外部に配置されているので、各チャンバ72a及び72bの容積を極力等しくすることができる。また、アクチュエータ78が筐体72の

内部にあると、チャンバ 7 2 a または 7 2 b にそのアクチュエータ 7 8 の熱がこもる可能性がある。この状態で振動体を振動させると、その熱を持った気流が噴出されてしまい、放熱の能力が低下する。しかしながら、本実施の形態ではそのような不都合を回避することができる。

第 1 7 図は、第 1 6 図に示す気体噴出装置の変形例を示す断面図である。この気体噴出装置 9 1 は、ロッド 8 5 を支持する支持部材 9 2 が設けられている。この支持部材 9 2 は、例えば蛇腹の部材で構成される。この支持部材 9 2 により、振動体 4 5 の振動方向に対するロッド 7 5 の横ぶれを抑えることができ、振動体 4 5 を安定して振動させることができる。また、例えば、支持部材 9 2 が穴部 7 2 e を覆って筐体 7 2 を密閉するように設けられることにより、振動体 4 5 が振動したときに筐体 7 2 内部の空気が当該穴部 7 2 e から漏れることを防止することができる。

本発明は以上説明した実施の形態には限定されるものではなく、種々の変形が可能である。

上記各実施の形態に係る気体噴出装置としては、筐体が 1 つの例を示した。しかし、複数の独立した筐体を用意し、各筐体ごとに振動体を設ける構成としてもよい。この場合も、振動体の位相や、周波数を制御して騒音を低減させることができる。

第 7 図に示した気体噴出装置は、その振動体 4 5 がコイルによって振動する例を示したが、例えば圧電デバイスを用いた振動体であってもかまわない。圧電体を用いる場合、気体噴出装置がマイクロ化された場合に、特に有効である。

請求の範囲

1. 振動体を有し、該振動体の振動により、気体が噴出される
ときにそれぞれ生じる音波が互いに弱め合うように前記気体を
5 脈流として噴出する複数の噴出部と、前記振動体の振動の周波数
を制御する第1の制御手段とを具備することを特徴とする気体
噴出装置。
2. 請求の範囲第1項に記載の気体噴出装置であって、前記振
動体の振幅を制御する第2の制御手段をさらに具備することを
10 特徴とする気体噴出装置。
3. 請求の範囲第1項に記載の気体噴出装置であって、前記振
動体は、最低共振周波数が200(Hz)以下であることを特徴
とする気体噴出装置。
4. 請求の範囲第3項に記載の気体噴出装置であって、前記振
15 動体は、最低共振周波数が150(Hz)以下であることを特徴
とする気体噴出装置。
5. 請求の範囲第1項に記載の気体噴出装置であって、前記第
1の制御手段は、前記周波数を100(Hz)以下に制御するこ
とを特徴とする気体噴出装置。
- 20 6. 請求の範囲第5項に記載の気体噴出装置であって、前記第
1の制御手段は、前記周波数を35(Hz)以下に制御するこ
とを特徴とする気体噴出装置。
7. 請求の範囲第2項に記載の気体噴出装置であって、前記振
動体は、該振動体の振動の方向にほぼ垂直な面を有し、該面の面
25 積が70,000(mm²)以下の場合、前記第1の制御手段は、
前記周波数を100(Hz)以下に制御し、前記第2の制御手段

は、前記振幅を 1 (mm) ~ 3 (mm) に制御することを特徴とする気体噴出装置。

8. 請求の範囲第 7 項に記載の気体噴出装置であって、前記第 2 の制御手段は、前記振幅を 1.5 (mm) ~ 3 (mm) に制御
5 することを特徴とする気体噴出装置。

9. 請求の範囲第 2 項に記載の気体噴出装置であって、
前記振動体は、該振動体の振動の方向にほぼ垂直な面を有し、
該面の面積が 70,000 (mm²) 以下の場合、

前記第 1 の制御手段は、前記周波数を 35 (Hz) 以下に制御
10 し、前記第 2 の制御手段は、前記振幅を 1 (mm) ~ 5 (mm) に制御することを特徴とする気体噴出装置。

10. 請求の範囲第 9 項に記載の気体噴出装置であって、前記第 2 の制御手段は、前記振幅を 2 (mm) ~ 5 (mm) に制御することを特徴とする気体噴出装置。

15 11. 請求の範囲第 1 項に記載の気体噴出装置であって、前記振動体は、該振動体の振動の方向にほぼ垂直な面を有し、該面の面積が 1,500 (mm²) ~ 70,000 (mm²) であることを特徴とする気体噴出装置。

12. 請求の範囲第 11 項に記載の気体噴出装置であって、前
20 記振動体は、前記面の面積が 2,000 (mm²) 以上であることを特徴とする気体噴出装置。

13. 請求の範囲第 2 項に記載の気体噴出装置であって、前記振動体は該振動体の振動の方向にほぼ垂直な面を有し、

前記第 1 の制御手段による駆動される前記周波数を A (Hz)、
25 前記第 2 の制御手段により駆動される前記振幅を B (mm)、前記面の面積を C (mm²) とした場合、

$A \times B \times C = 100,000 \text{ (mm}^3/\text{s)} \sim 10,000,000 \text{ (mm}^3/\text{s)}$ で

あることを特徴とする気体噴出装置。

14. 請求の範囲第13項に記載の気体噴出装置であって、
5 $A \times B \times C = 200,000 \text{ (mm}^3/\text{s)}$ 以上であることを特徴とする気体噴出装置。

15. 請求の範囲第1項に記載の気体噴出装置であって、
前記各噴出部から噴出された前記気体が供給される発熱体と、
該発熱体の周囲の気体との間の領域の熱抵抗が 0.7 (K/W)
10 以下であり、前記音波の音源からほぼ 1 (m) 離れた位置での騒音レベルが 30 (dBA) 以下であることを特徴とする気体噴出装置。

16. 請求の範囲第1項に記載の気体噴出装置であって、前記
騒音レベルが 25 (dBA) 以下であることを特徴とする気体噴
15 出装置。

17. 請求の範囲第16項に記載の気体噴出装置であって、
前記各噴出部と前記発熱体とを含めた包絡体積が $250 \text{ (cm}^3)$
以下であることを特徴とする気体噴出装置。

18. 請求の範囲第1項に記載の気体噴出装置であって、前記
20 振動体は、該振動体の振動の方向に垂直な面に対してほぼ対称な形状を有することを特徴とする気体噴出装置。

19. 請求の範囲第1項に記載の気体噴出装置であって、前記
各噴出部から噴出された前記気体が供給される発熱体と、該発熱
体の周囲の気体との間の領域の熱抵抗が 0.5 (K/W) 以下で
25 あり、前記音波の音源からほぼ 1 (m) 離れた位置での騒音レベルが 30 (dBA) 以下であり、前記各噴出部と前記発熱体とを

含めた包絡体積が $500 \text{ (cm}^3\text{)}$ 以下であることを特徴とする
気体噴出装置。

20. 請求の範囲第1項に記載の気体噴出装置であって、
前記振動体は、

5 振動する方向に垂直な面を有し、該面に対して非対称な形状を
有する第1の振動体と、

前記第1の振動体とほぼ同一形状を有し、該第1の振動体の振
動方向とほぼ同一方向に振動するように、かつ、当該振動方向で
前記第1の振動体とは逆向きに配置された第2の振動体とで構
10 成されることを特徴とする気体噴出装置。

21. 請求の範囲第1項に記載の気体噴出装置であって、前記
各噴出部は、ほぼ容積が等しくなるように前記振動体により仕切
られて形成され、前記気体を噴出させるための複数のチャンバを
有する筐体を有することを特徴とする気体噴出装置。

15 22. 請求の範囲第1項に記載の気体噴出装置であって、
前記各噴出部は、

前記振動体により仕切られて形成され前記気体を噴出するた
めの複数のチャンバを有する筐体と、

前記筐体の外部に配置され、前記振動体を駆動するためのアク
20 チュエータとを有することを特徴とする気体噴出装置。

23. 請求の範囲第22項に記載の気体噴出装置であって、

前記筐体は、前記外部から前記各チャンバのうち少なくとも1
つのチャンバにかけて貫通する穴部を有し、

当該気体噴出装置は、

25 前記穴部に挿通されて前記振動体に取り付けられ、前記アクチ
ュエータと一体的に可動するロッドと、

前記穴部に設けられ、前記ロッドを支持する支持部材とをさらに具備することを特徴とする気体噴出装置。

24. 発熱体と、

振動体を有し、該振動体の振動により、気体が噴出されるとき
5 にそれぞれ生じる音波が互いに弱め合うように前記気体を脈流として前記発熱体に噴出する複数の噴出部と、前記振動体の振動の周波数を制御する手段とを具備することを特徴とする電子機器。

25. 振動体の振動により、気体が噴出されるときにそれぞれ
10 生じる音波が互いに弱め合うように前記気体を脈流として噴出する工程と、前記振動体の振動の周波数を制御する工程とを具備することを特徴とする気体噴出方法。

1/11

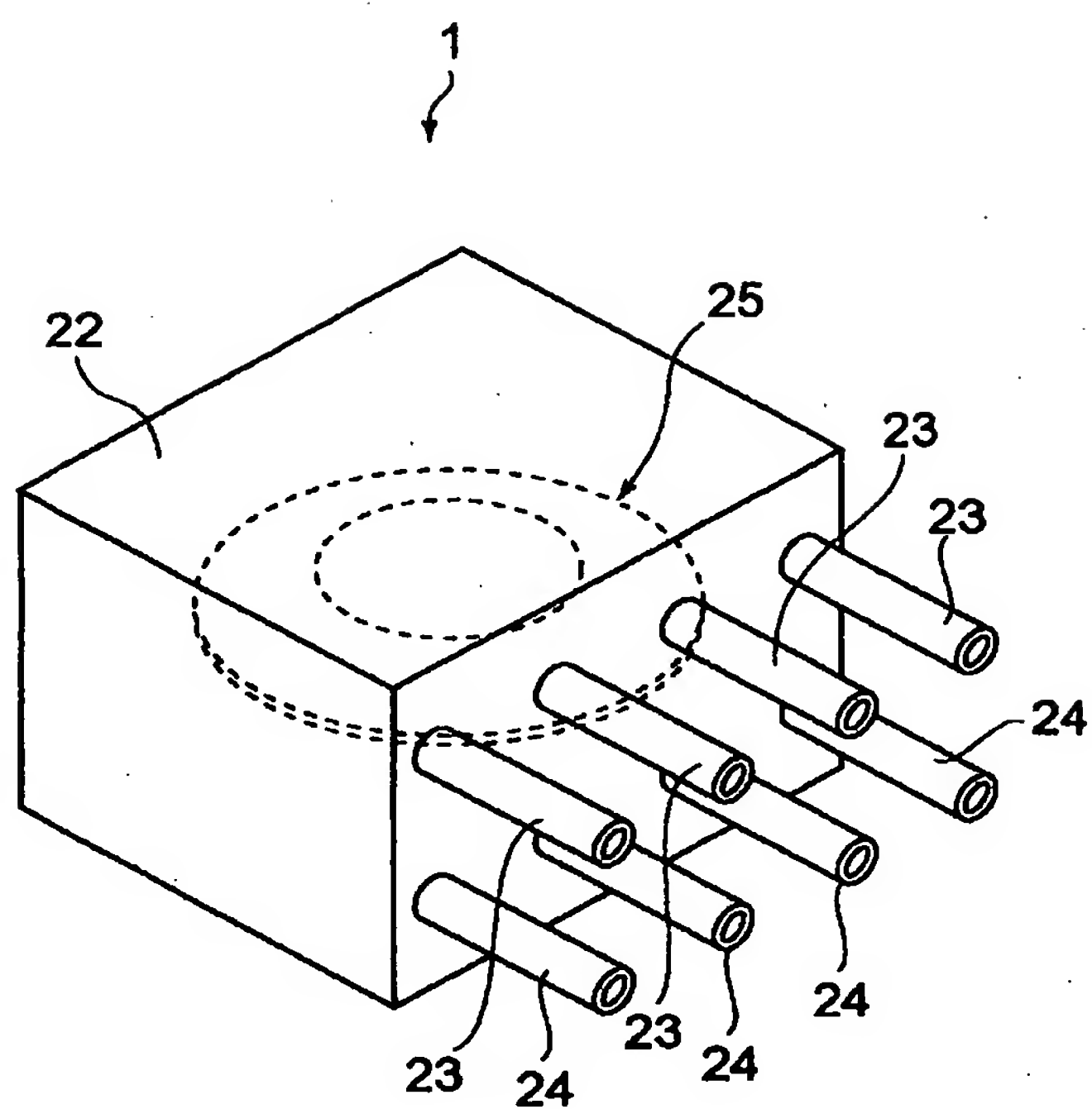


Fig.1

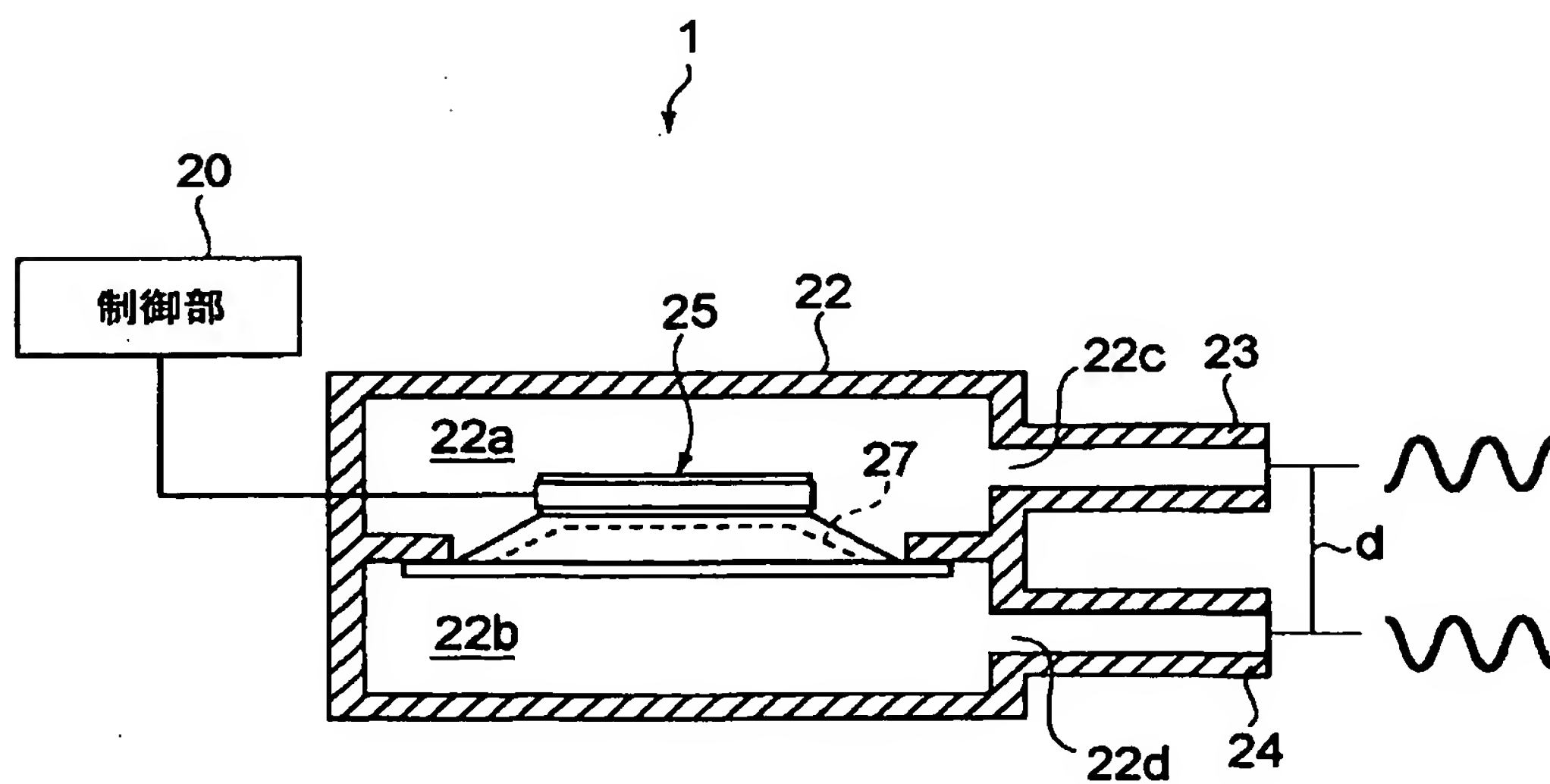


Fig.2

2/11

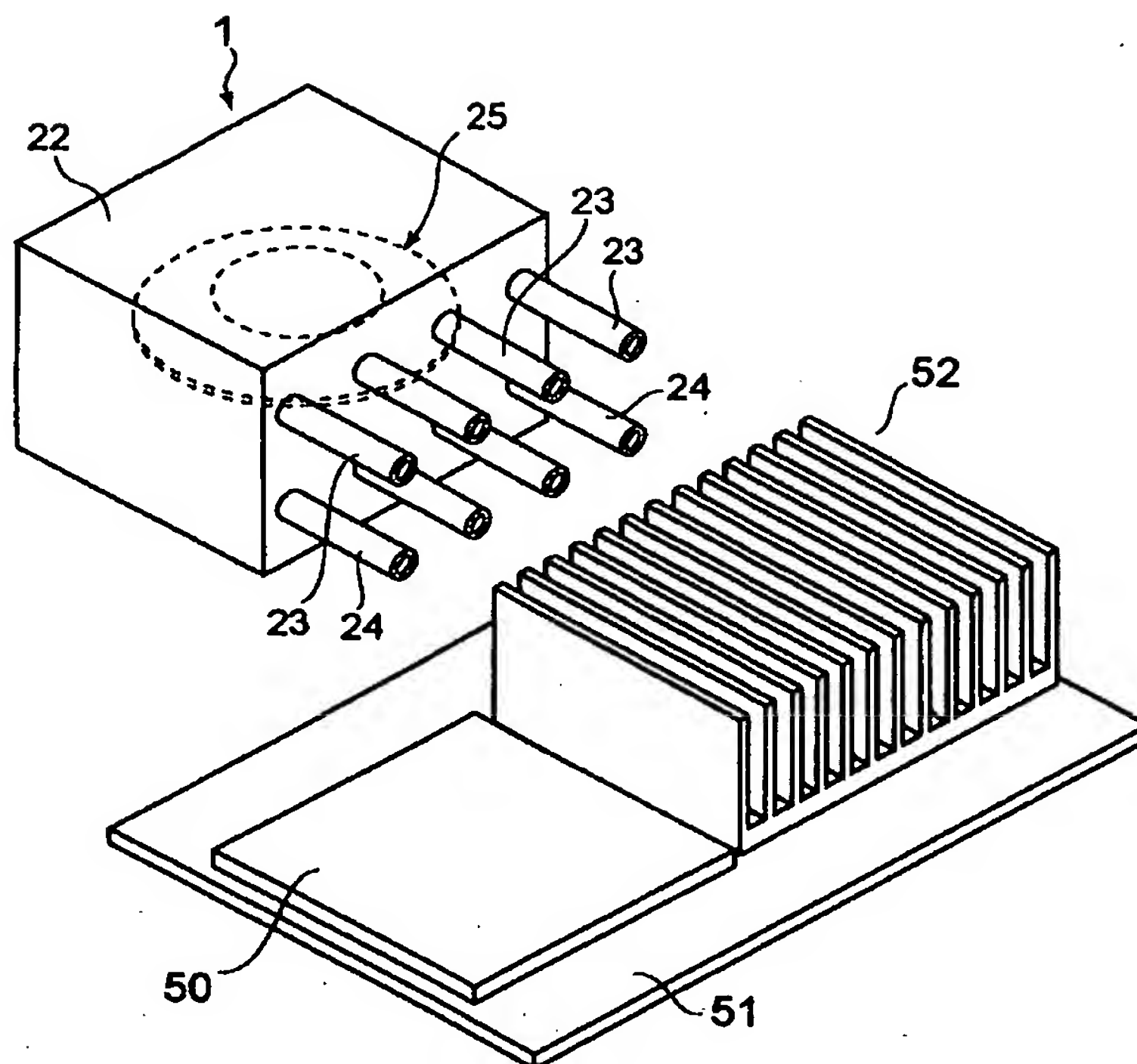


Fig.3

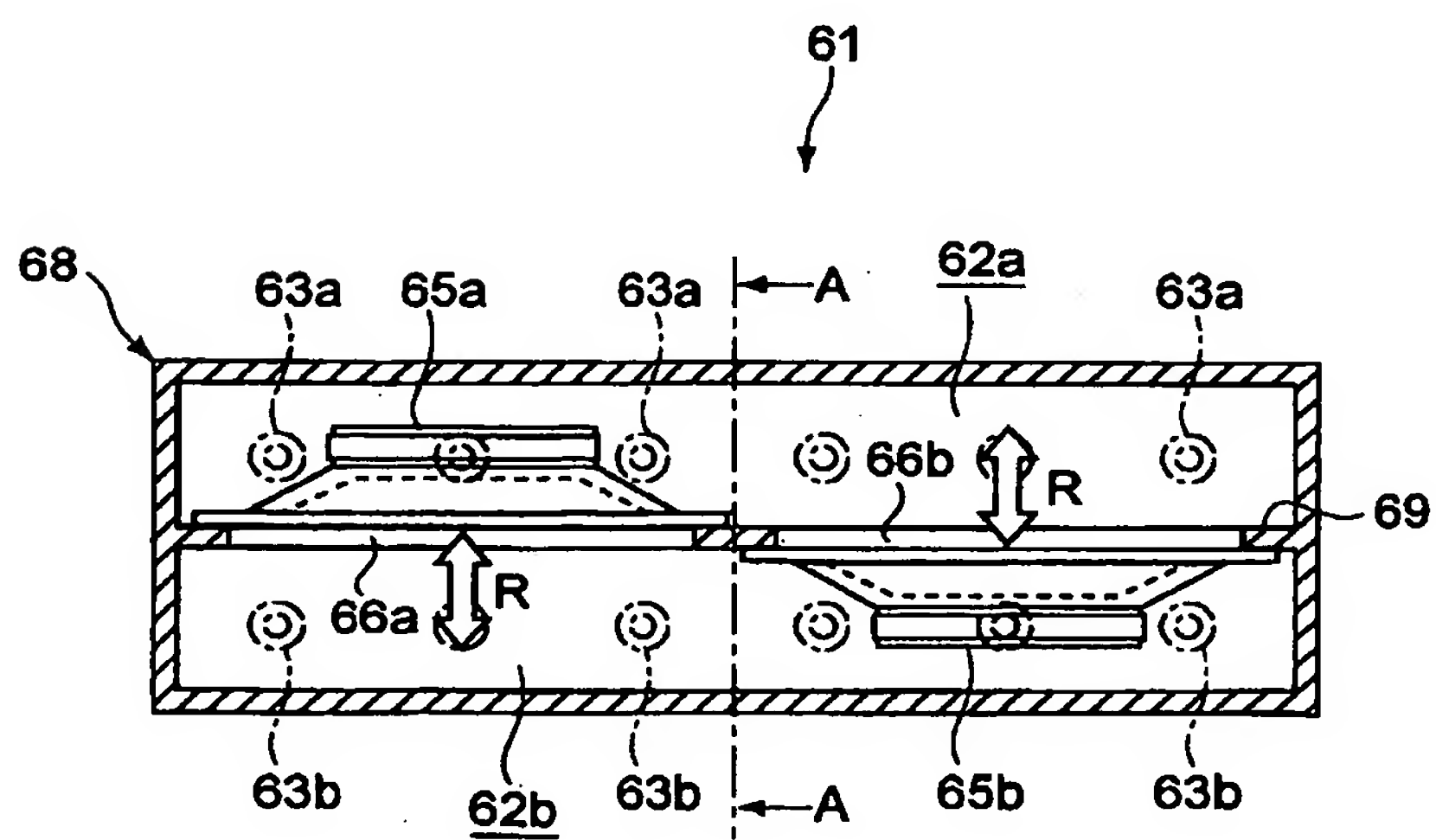


Fig.4

3/11

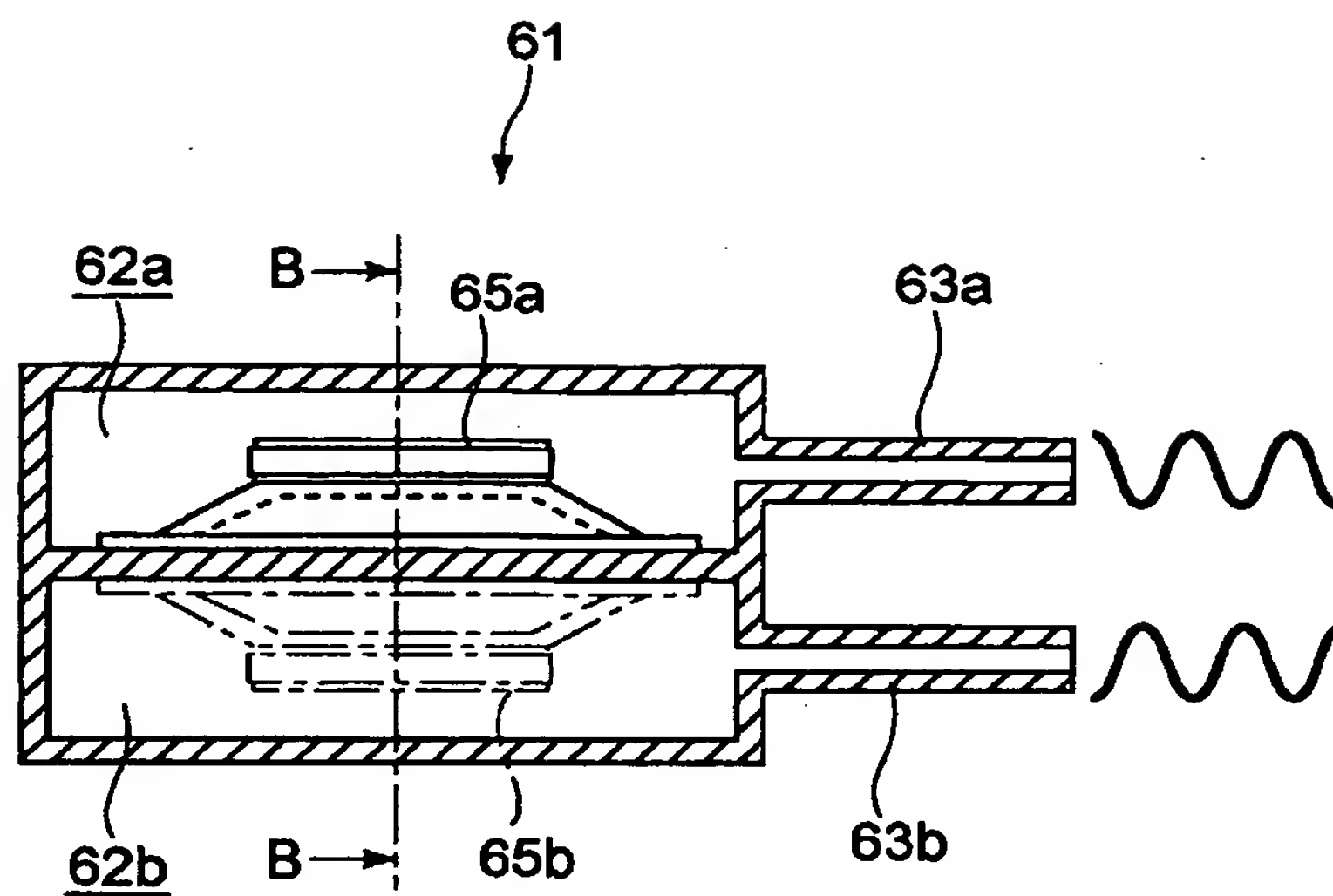


Fig.5

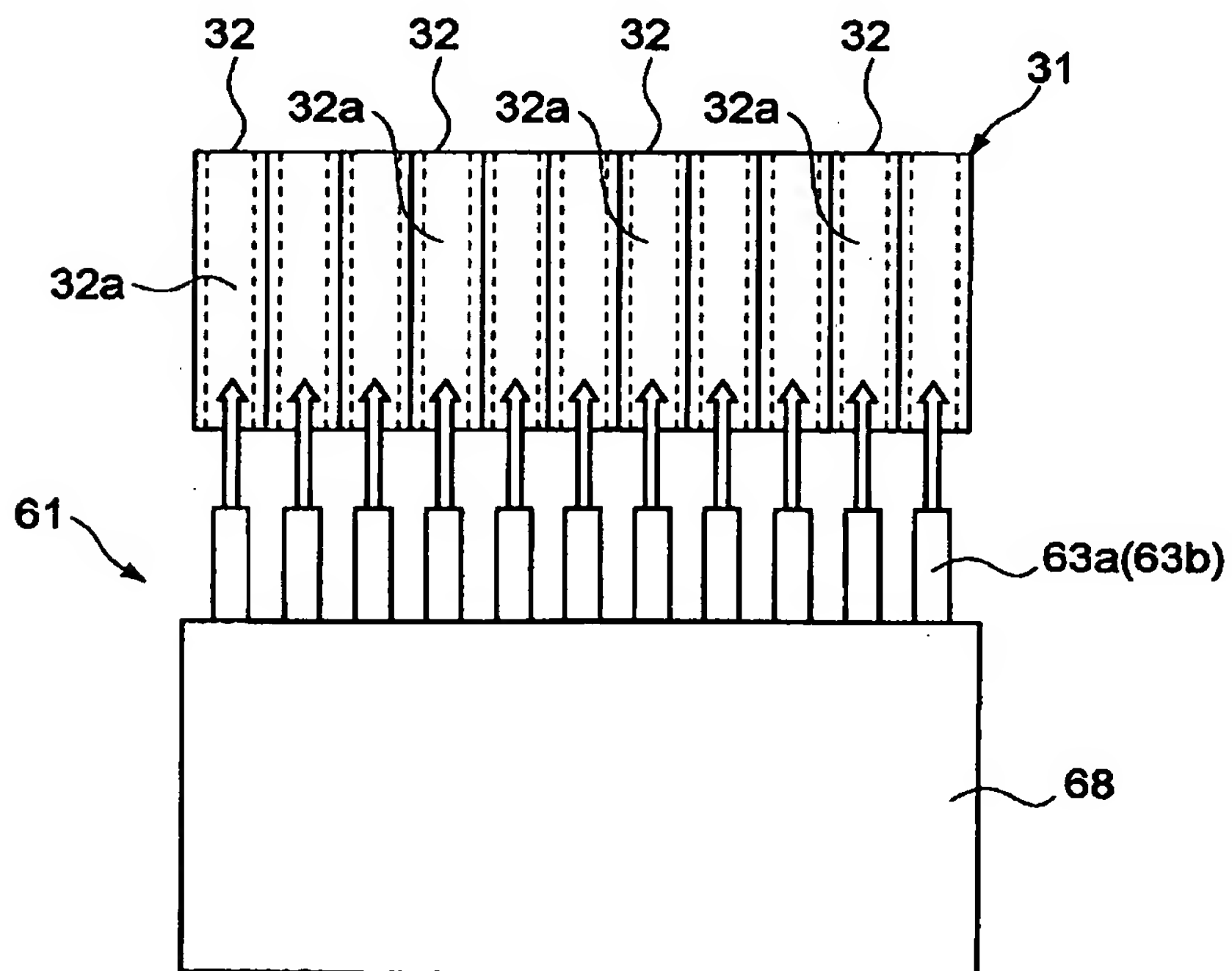


Fig.6

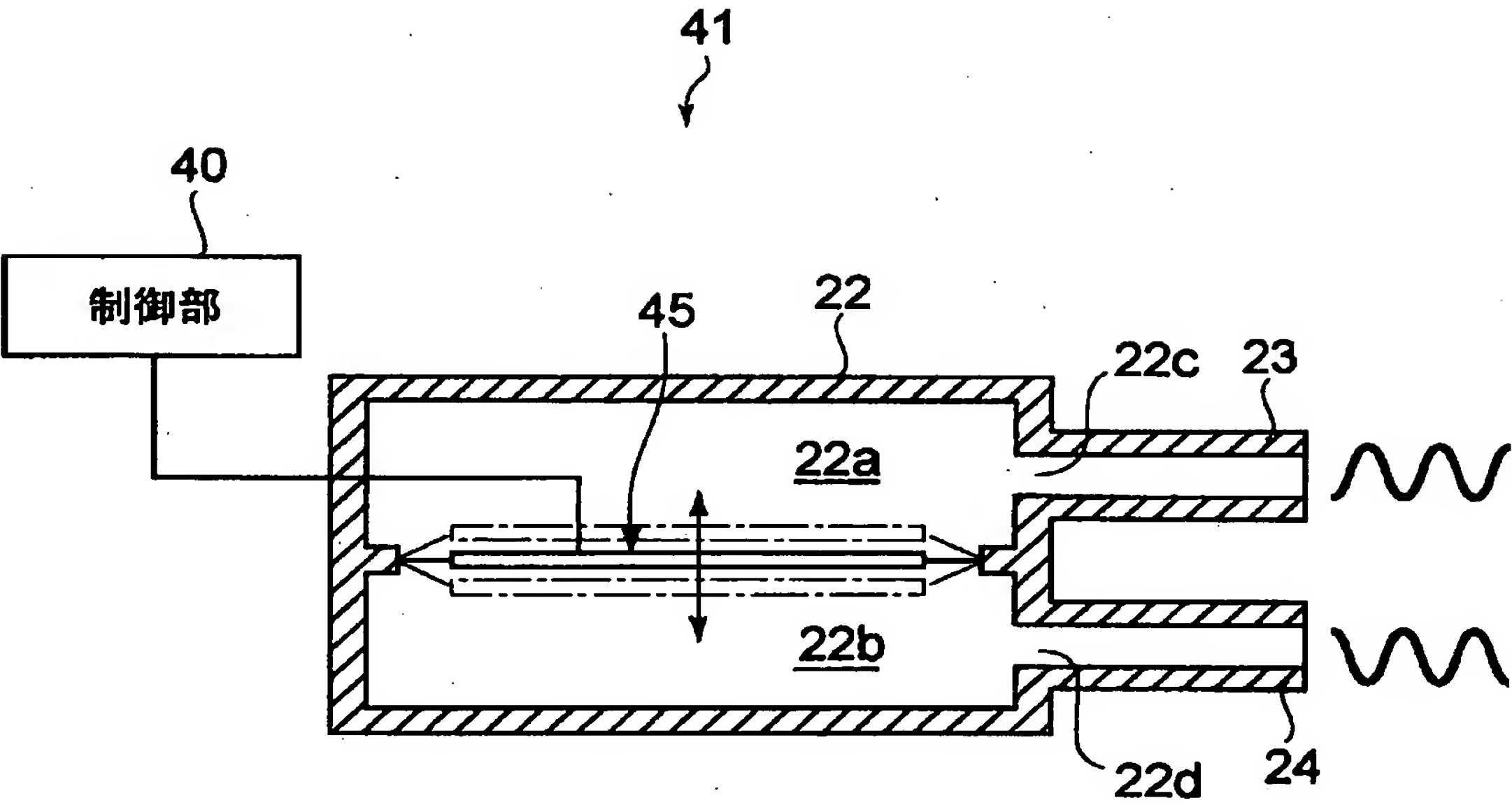


Fig.7

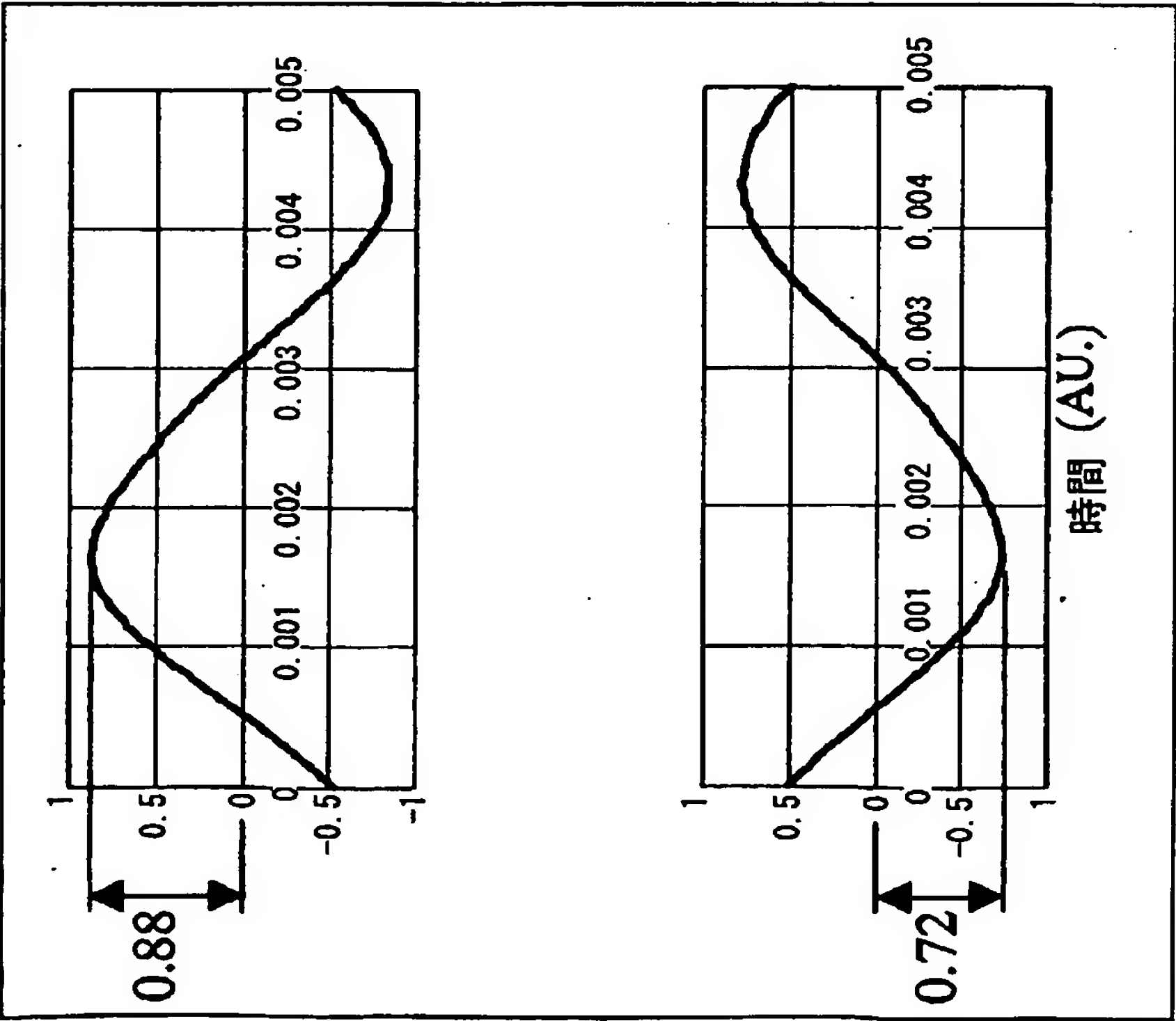


Fig.8A

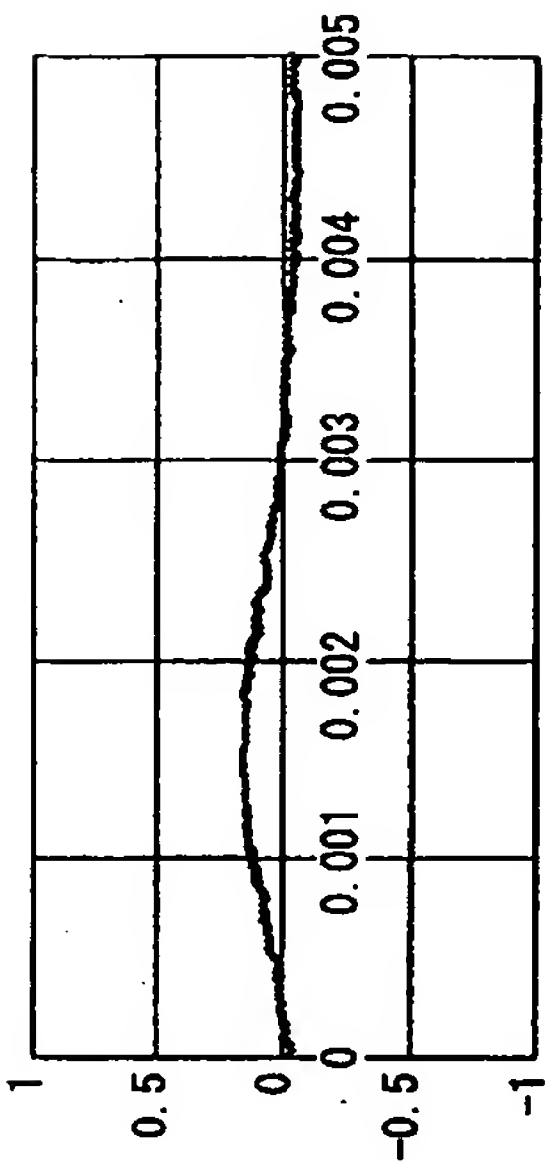


Fig.8B

6/11

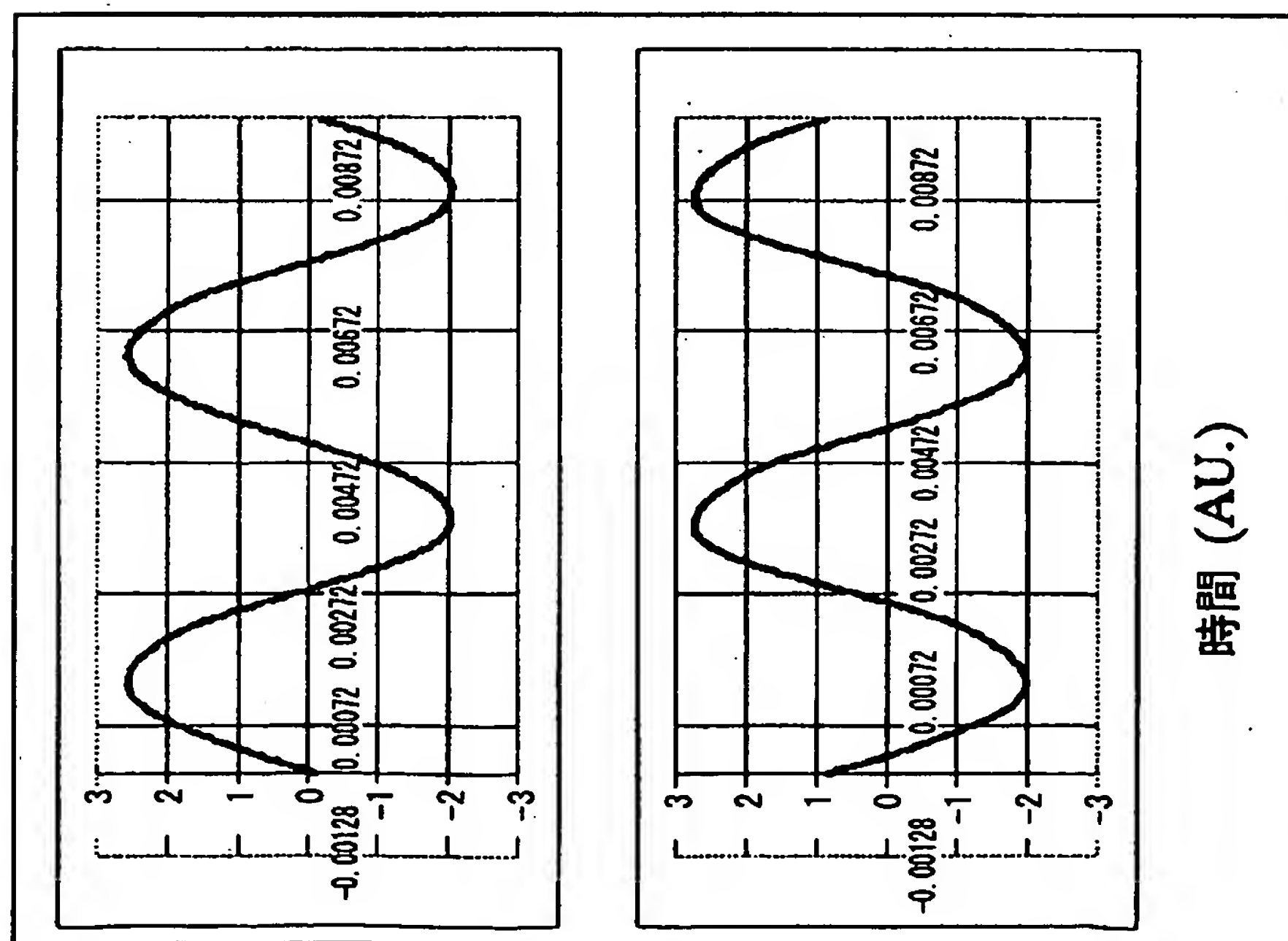


Fig.9A

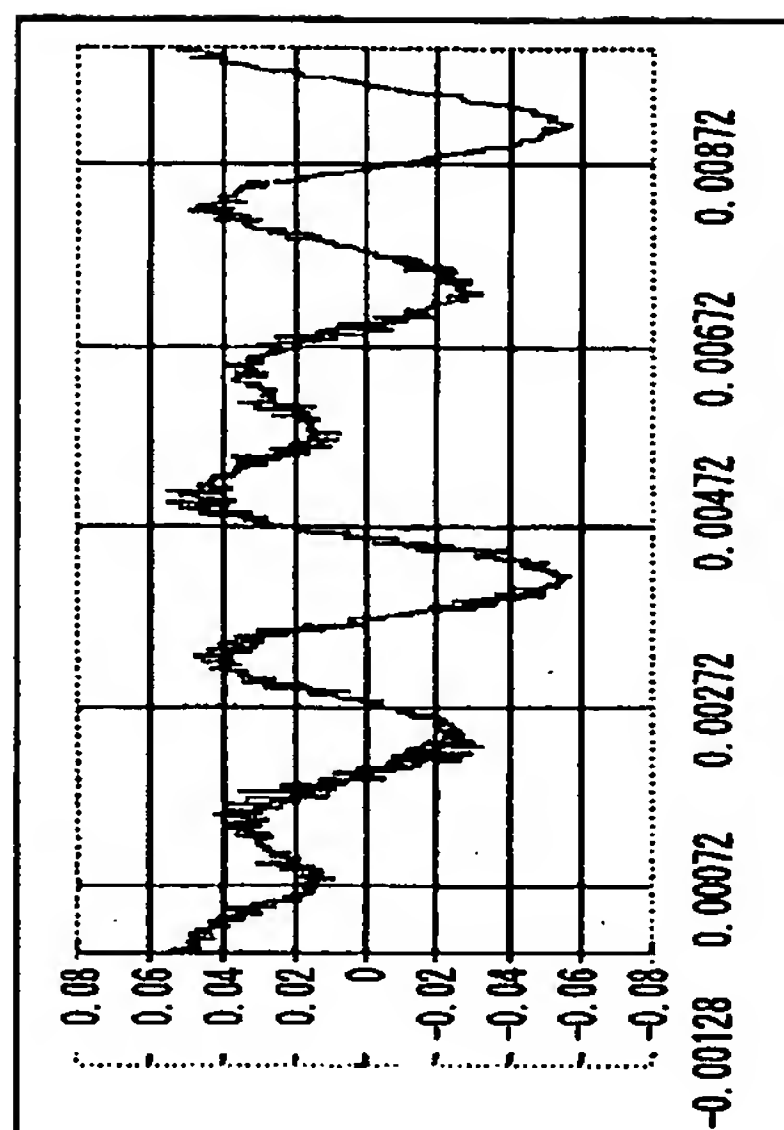


Fig.9B

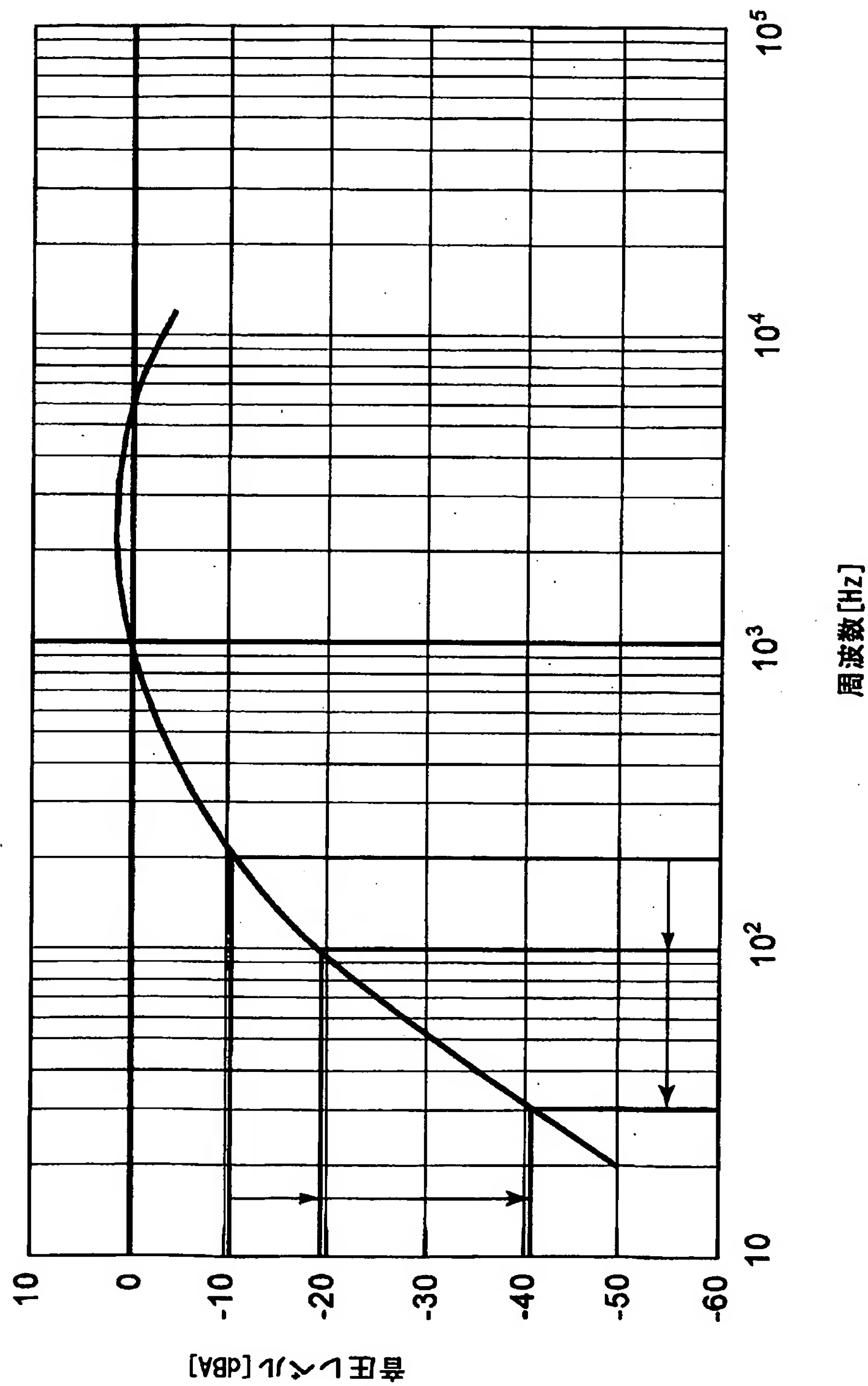


Fig.10

8/11

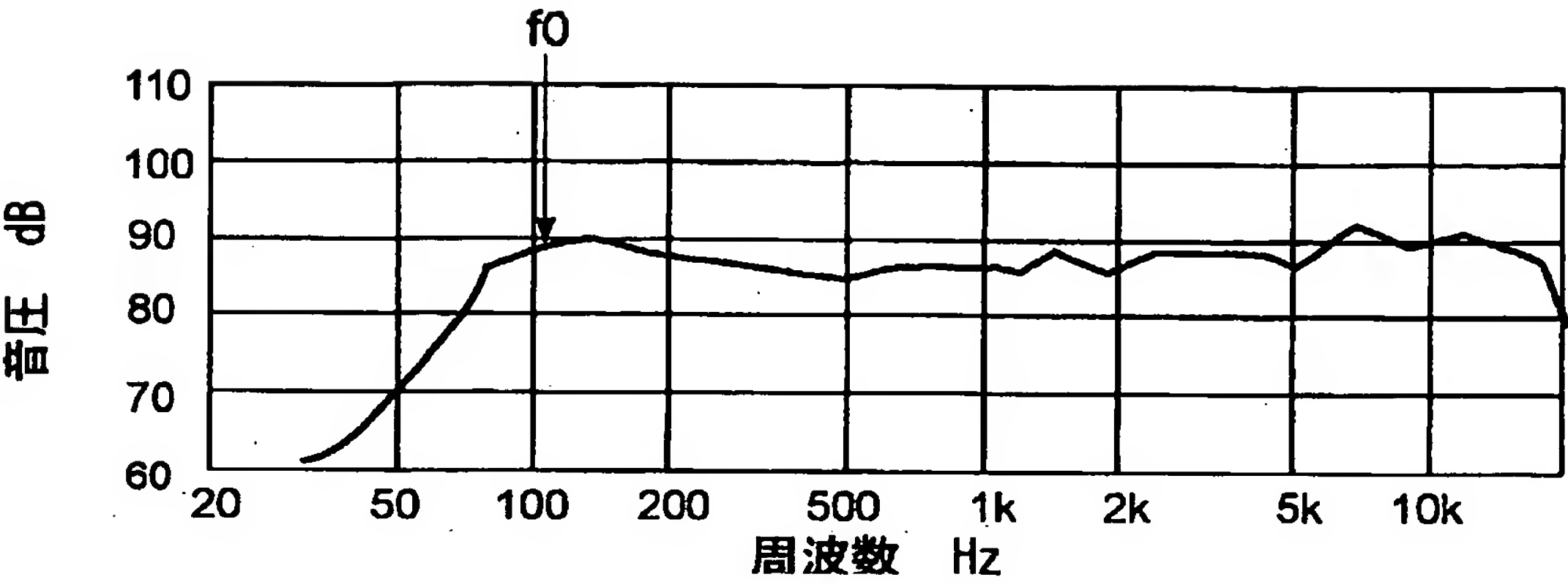


Fig.11

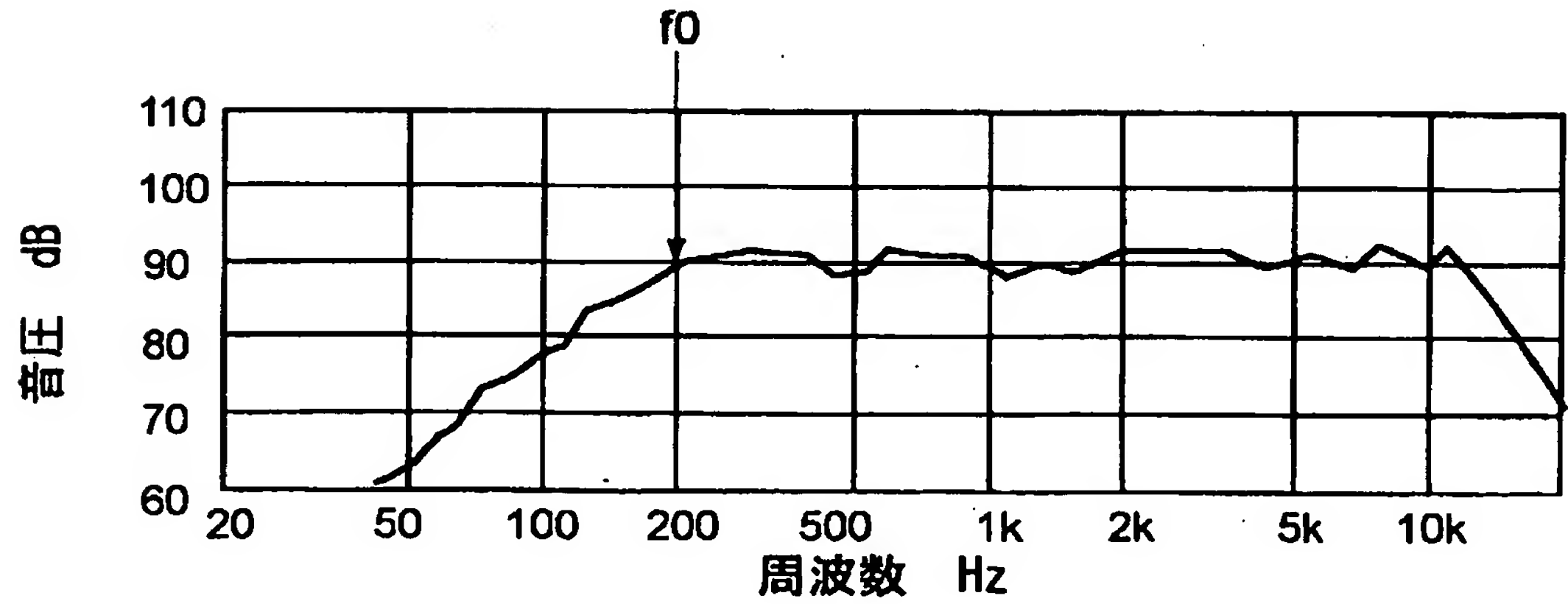


Fig.12

周波数A	振幅B	面積C	評価値D	流速	チャンバ寸法	容積
Hz	mm	mm ²	mm ³ /s	m/s	mm × mm × mm	cm ³
200	0.38	2036	154,736	3.1	95 × 40 × 10	38
220	0.42	2036	188,126	3.95	95 × 40 × 10	38
170	0.38	4072	263,051	4.51	170 × 42 × 7	50
30	1.5	6362	286,290	3.83	125 × 125 × 24	375
30	0.68	6362	129,785	2	125 × 125 × 24	375
30	1.5	2827	127,215	3.47	75 × 80 × 10	60
70	1.5	2827	296,835	5.3	75 × 80 × 10	60
50	2	3848	384,800	4.6	125 × 125 × 24	375
30	2	3848	230,880	4.1	125 × 125 × 24	375

Fig.13

10/11

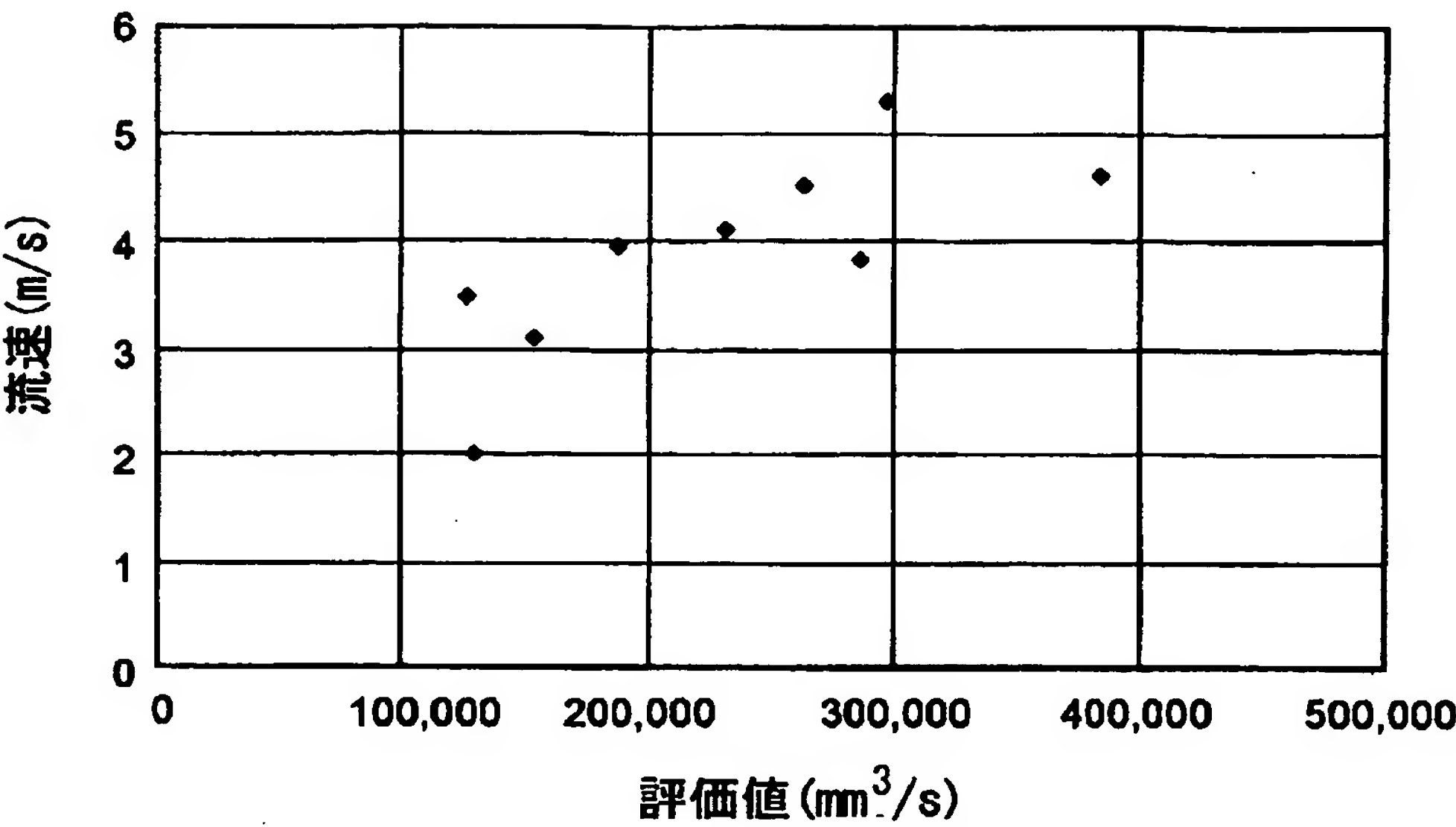


Fig.14

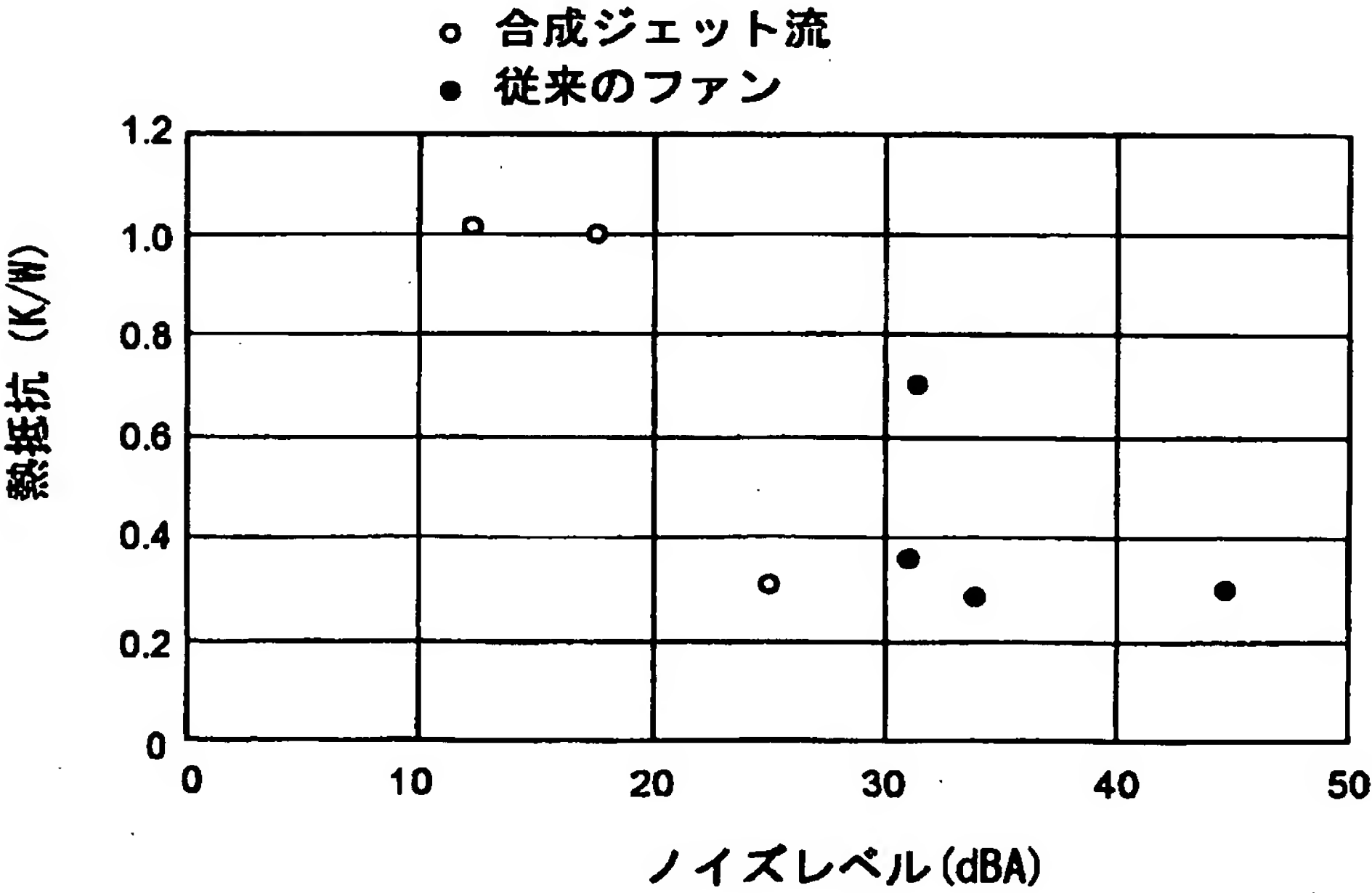


Fig.15

11/11

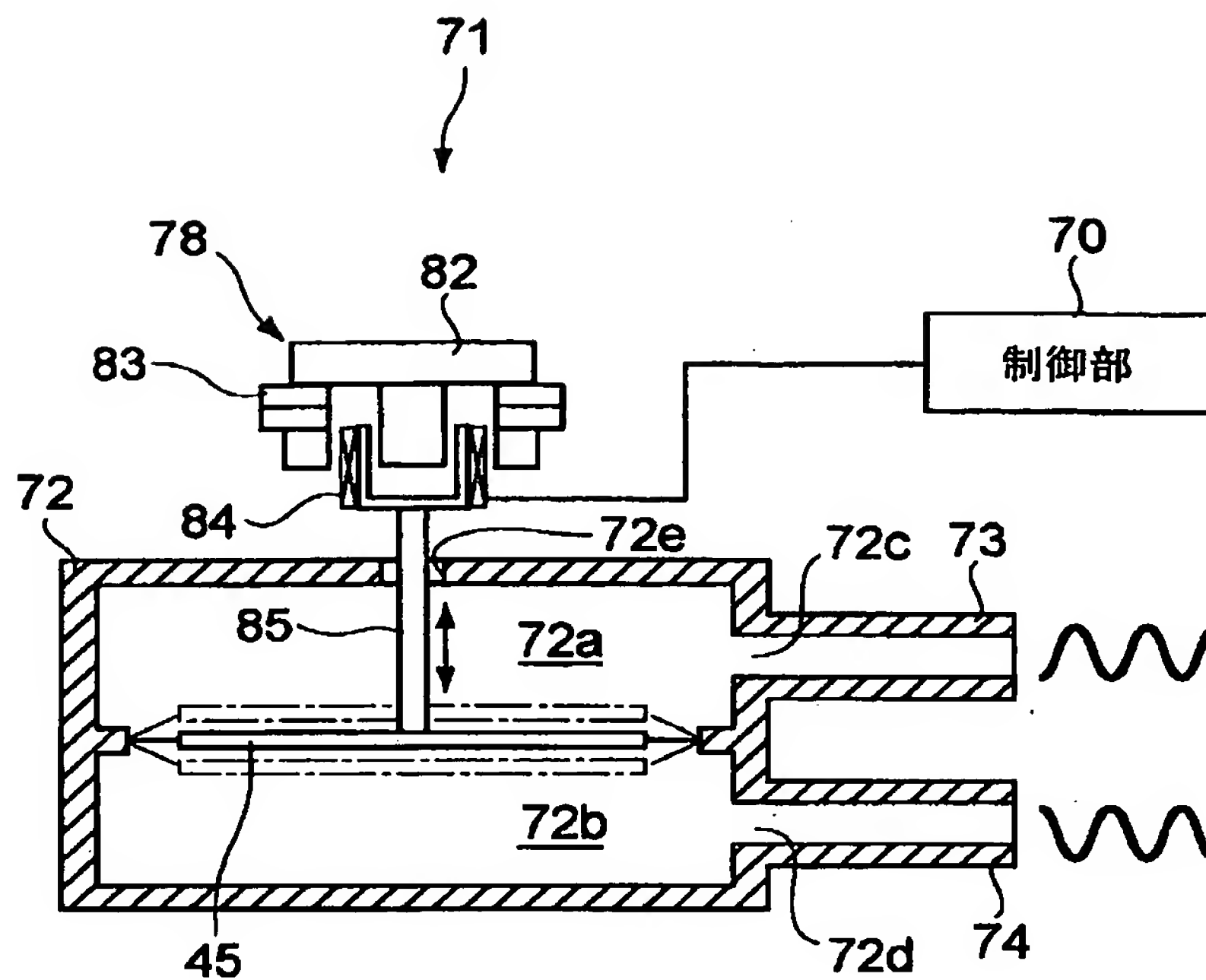


Fig.16

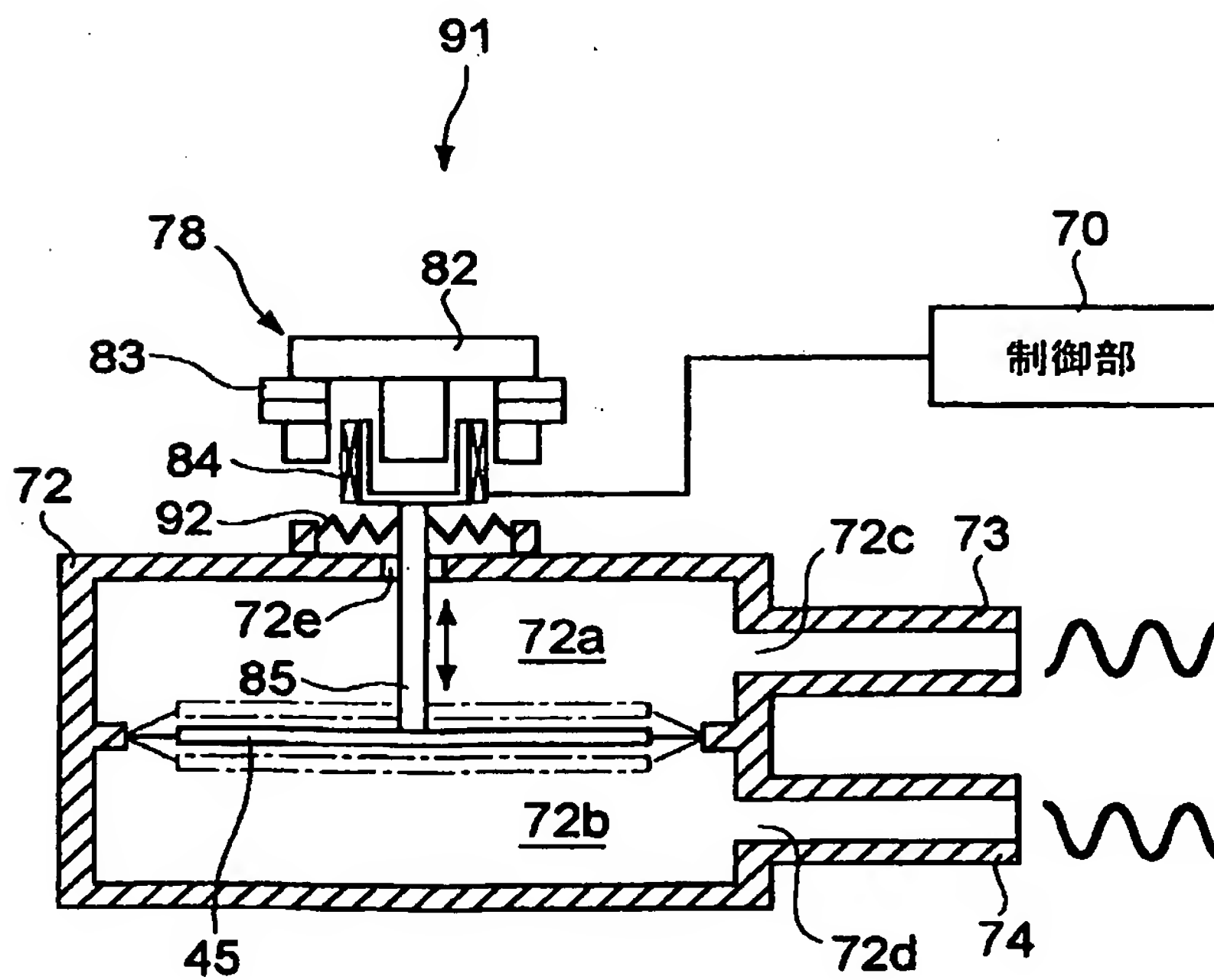


Fig.17